T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

ANALOG DEVRE ELEMANLARI

522EE0312

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iv
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ–1 3
1. DİRENÇLER 3
1.1. Tanımı ve İşlevi 3
1.2. Çeşitleri 3
1.2.1. Sabit Dirençler 4
1.2.2. Ayarlı Dirençler 6
1.2.3. Ortam Etkili Dirençler 9
1.2.4. Gerilim Etkili Dirençler (VDR-Varistörler) 11
1.3. Sabit Dirençlerin Renk Kodlarıyla Değerlerinin Bulunması 12
1.4. Analog ve Dijital Ölçü Aleti Kullanarak Farklı Direnç Çeşitlerinin Ölçülmesi 15
1.5. Direnç Bağlantıları 16
1.5.1. Seri Bağlantı 16
1.5.2. Paralel Bağlantı 17
1.5.3. Karışık Bağlantı 19
UYGULAMA FAALİYETİ 20
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 22
ÖĞRENME FAALİYETİ–2 24
2. KONDANSATÖRLER 24
2.1. Tanımı ve İşlevi 24
2.2. Çeşitleri 25
2.2.1. Sabit Kondansatörler 25
2.2.2. Ayarlı Kondansatörler 27
2.3. Rakamlarla Kondansatör Değerinin Okunması 29
2.4. Avometre ile Sağlamlık Kontrolünün Yapılması 31
2.5. Kapasitemetre ile Kondansatörün Değerinin Ölçülmesi 31
2.6. LCRmetre ile Sağlamlık Kontrolünün Yapılması 32
2.7. Kondansatörlerin Bağlantıları 32
2.7.1. Seri Bağlantı 32
2.7.2. Paralel Bağlantı 32
2.7.3. Karışık Bağlantı 33
UYGULAMA FAALİYETİ 34
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 35
ÖĞRENME FAALİYETİ–3 37
3. BOBİNLER 37
3.1. Tanımı, İşlevi ve Yapısı 37
3.2. Çeşitleri 38
3.2.1. Sabit Bobinler 38
3.2.2. Ayarlı Bobinler 41
3.3. LCRmetre ile Endüktans Ölçümü 42

UYGULAMA FAALİYETİ 43
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 44
ÖĞRENME FAALİYETİ–4 45
4. TEMEL YARI İLETKEN ELEMANLAR, DİYOTLAR 45
4.1. İletken, Yalıtkan ve Yarı İletken Maddeler 45
4.2. P ve N Tipi Yarı İletkenler 48
4.3. P ve N Tipi Yarı İletkenlerde Elektron ve Oyuk Hareketi 49
4.4. P-N Yüzey Birleşmesi 51
4.4.1. Polarmasız P-N Yüzey Birleşmesi 51
4.4.2. Polarmalı P-N Yüzey Birleşmesi 51
4.4.3. Doğru Polarma 51
4.4.4. Ters Polarma 52
4.5. Diyodun Tanımı ve Yapısı 53
4.5.1. Çeşitleri 53
4.5.2. Kristal (Doğrultma Diyotları) Diyotlar 53
4.5.3. Zener Diyotlar 54
4.5.4. Foto Diyotlar 56
4.5.5. Işık Yayan Diyotlar 57
4.6. Analog-Dijital Ölçü Aletiyle Diyodun Sağlamlık Kontrolü 60
4.7. Analog-Dijital Ölçü Aletleriyle Diyodun Uçlarının Bulunması 60
4.8. Diyot Uygulamaları 61
4.8.1. Kristal Diyot Doğru ve Ters Polarma Karakteristiğinin Çıkarılması 61
4.8.2. Zener Diyot Doğru ve Ters Polarma Karakteristiğinin Çıkarılması 62
4.8.3. Üç Renkli LED Uygulaması 63
4.8.4. Zener Diyot Uygulaması 64
UYGULAMA FAALİYETİ 66
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 67
ÖĞRENME FAALİYETİ–5 69
5. TEMEL YARI İLETKEN ELEMANLAR (TRANSİSTÖRLER) 69
5.1. BJT Transistörler 70
5.1.1. PNP ve NPN Tipi Transistörlerin Yapısı 70
5.2. PNP ve NPN Tipi Transistörlerin Doğru ve Ters Yönde Polarmalandırması (Öngerilimleme) 71
5.3. PNP ve NPN Tipi Transistörlerde Akım ve Gerilim Yönleri 72
5.4. Transistörlerin Yükselteç Olarak Kullanılması 72
5.4.1. Akım Kazancı 73
5.4.2. Gerilim Kazancı 74
5.5. Transistörlerin Çalışma Kararlılığını Etkileyen Faktörler 75
5.6. Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalıştırılması 77
5.7. Katalog Kullanarak Transistörlerin Bilgilerinin ve Karşılıklarının Bulunması 78
5.8. Transistörlerin Üzerindeki Harflerin ve Rakamların Okunması 79
5.9. SMD (Yüzey Montajlı) Transistörler 81

5.10. Analog ve Dijital Ölçü Aletleriyle Transistörün Sağlamlık Kontrolunun Yapılması 81
5.11. Analog ve Dijital Ölçü Aletleriyle Transistörün Uçlarının Bulunması 83
5.12. LDR ve Transistör ile Bir Rölenin Kumanda Edilmesi 84
5.13. Darlington Bağlantı ile Bir DC Motorun Çalıştırılması Uygulaması 85
UYGULAMA FAALİYETİ 86
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 88
MODÜL DEĞERLENDİRME 90
CEVAP ANAHTARLARI 92
KAYNAKÇA 94

AÇIKLAMALAR

KOD	**522EE0312**
ALAN	**Yenilenebilir Enerji Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Alan Ortak**
MODÜLÜN ADI	**Analog Devre Elemanları**
MODÜLÜN TANIMI	Elektronikte kullanılan analog devre elemanları ile ilgili bilgilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/16
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Analog devre elemanlarını tanımak, sağlamlık kontrollerini yaparak devre içerisinde kullanabilmek
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında analog devre elemanlarını tanıyıp katalog bilgilerine uygun olarak elektronik devrelerde kullanabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Dirençlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyarak analog ve dijital ölçü aletleriyle dirençleri ölçebilecek ve istenen özellikte direnç seçimini yapabileceksiniz. **2.** Kondansatörlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyarak analog ve dijital ölçü aletleriyle kondansatörleri ölçebilecek ve istenen özellikte kondansatör seçimini yapabileceksiniz. **3.** Bobinlerin yapısını ve çeşitlerini tanıyarak analog ve dijital ölçü aletleriyle bunları ölçebilecek ve istenen özellikte bobin seçimini yapabileceksiniz. **4.** Diyotların yapısını ve çeşitlerini tanıyarak diyotları analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçebilecek, devrede kullanabilecek ve istenen özellikte diyot seçimini yapabileceksiniz. **5.** Transistörlerin yapısını ve çeşitlerini tanıyarak bunları analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçebilecek, devrede kullanabilecek ve istenen özellikte transistör seçimini yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Atölye ve laboratuvar ortamı **Donanım:** Çeşitli analog devre elemanları, avometre, LCRmetre, devre kurmak için breadboard, güç kaynağı, zil teli, değişik kataloglar
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modül, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri alanının temeli olan analog devre elemanlarını içermektedir. Analog devre elemanları direnç, kondansatör, bobin ve diyot, transistör gibi yarı iletkenlerden oluşmaktadır.

Bu modül ile bu elemanların teknik özeliklerini tanıyıp ayırt edebileceksiniz. Aynı zamanda sağlamlık kontrolünü de yapabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–1

AMAÇ

Dirençlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyacak, analog ve dijital ölçü aletleriyle bunları ölçebilecek ve istenen özellikte direnç seçimi yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Farklı tiplerde dirençlerin fiziksel yapılarını inceleyiniz.
- Dirençlerin görevlerini araştırınız.

1. DİRENÇLER

1.1. Tanımı ve İşlevi

Dirençler elektrik akımına zorluk gösteren elektronik devre elemanlarıdır. Direnç değeri yüksek olursa içinden geçen akım değeri düşük olur. Bu olay Alman bilim adamı Ohm tarafından 1827 yılında bulunmuştur (Resim 1.1).

Direnç "R" harfi ile gösterilir, birimi ohm'dur. Omega simgesi ile gösterilir (**Ω**). Bir iletkenden geçen elektrik akımına karşı iletkenin gösterdiği direncin birimidir. Bir iletkenin iki ucu arasına 1 voltluk bir gerilim uygulandığında bu iletkenden 1 amperlik akım geçerse bu iletkenin direnci 1 ohm'dur. Bir mikro ohm 0,000,001 ohm'a ve 1 mega ohm 1.000.000 ohm'a eş değerdedir.

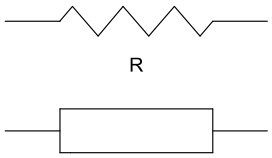
Resim 1.1: George Simon Ohm

1.2. Çeşitleri

Sabit dirençler, ayarlı dirençler ve ortam etkili dirençler olmak üzere üç başlık altında toplanır.

1.2.1. Sabit Dirençler

Direnç değeri değişmeyen dirençlere sabit direnç denir. Hassasiyetleri yüksektir. Sembolleri aşağıda gösterildiği gibidir (Şekil 1.1).

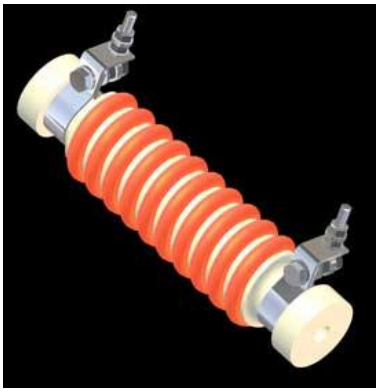


Şekil 1.1: Sabit direncin sembolleri

1.2.1.1. Telli Dirençler

Telli dirençler gerek sabit direnç gerekse de ayarlanabilen direnç olmak üzere değişik güçlerde ve değerlerde üretilebilmektedir. Telli dirençlerde, sıcaklıkla direnç değerinin değişmemesi ve dayanıklı olması için nikel-krom, nikel-gümüş ve konstantan kullanılır. Telli dirençler genellikle seramik gövde üzerine iki katlı olarak sarılır. Üzeri neme ve darbeye karşı verniklidir. 10 Ω ile 100 KΩ arasında 30 W'a kadar üretilmektedir (Resim 1.2).

Başlıca kullanım alanları telekomünikasyon ve kontrol doğrultuculardır. Tellerin çift katlı sarılmasıyla endüksiyon etkisi kaldırılabildiğinden yüksek frekans devrelerde tercih edilir. Küçük güçlülerde ısınmayla direnci değişmediğinden ölçü aletlerinin ayarında etalon (örnek) direnç kullanılır. Dezavantajları; direnç telinin kopması, çok yer kaplaması ve büyük güçlü olanlarının ısınması gibi dezavantajları vardır.



Resim 1.2: Telli direnç

1.2.1.2. Karbon Dirençler

Karbon karışımı veya karbon direnç, toz hâlindeki karbon ve reçinenin ısıtılarak eritilmesi yolu ile elde edilir. Karışımdaki karbon oranı direncin değerini belirler. Büyüklüklerine göre ¼, ½, 1, 2, 3 W / 1Ω'dan 22 MΩ'a kadar değerlerde üretilir. Bu tür dirençlerin değer hassasiyetleri % 5-% 20 aralığındadır. Hâlen en yaygın kullanılan türdür (Resim 1.3).

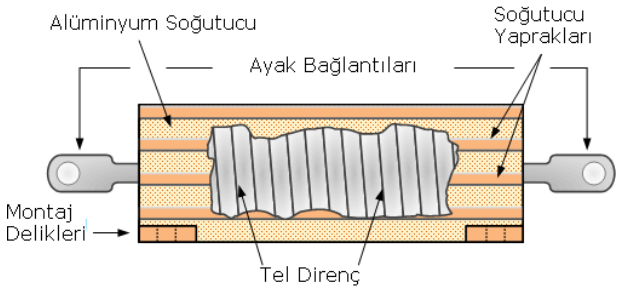
Resim 1.3: Karbon direnç

1.2.1.3. Film Dirençler

Film kelimesinin karşılığı zar ve şerit anlamına gelmektedir. Şekil 1.2'den de anlaşıldığı gibi direnç, şerit şeklinde yalıtkan bir gövde üzerine sarılmıştır. Bu durumu, bir fotoğraf filminin sarılışına benzetebiliriz. İnce film direnç ve kalın film direnç olmak üzere iki tür film direnç vardır.

İnce film dirençler şu şekilde üretilmektedir: Cam veya seramik silindirik bir çubuk üzerine "saf karbon", "nikel - karbon", "metal - cam tozu" karışımı "metal oksit" gibi değişik direnç sprey şeklinde püskürtülür. Püskürtülen bu direnç maddesi, çok ince bir elmas uçla veya lazer ışınıyla Şekil 1.2'de görüldüğü gibi belirli bir genişlikte, spiral şeklinde kesilerek şerit sargılar hâline dönüştürülür. Şerit sargıdan biri çıkarılarak diğer sargının sarımları arası izole edilir. Şerit genişliği istenilen şekilde ayarlanarak istenilen direnç değeri elde edilir.

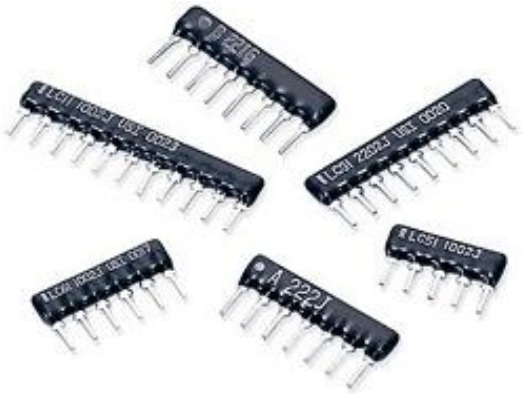
Kalın film dirençler, seramik ve metal tozları karıştırılarak yapılır. Seramik ve metal tozu karışımı bir yapıştırıcı ile hamur hâline getirildikten sonra seramik bir gövdeye şerit hâlinde yapıştırılır ve fırında yüksek sıcaklıkta pişirilir. Yukarıda açıklanan yöntemle hem sabit hem de ayarlı direnç yapılmaktadır. Film dirençler toleransı en küçük olan dirençlerdir. Yani, istenilen değer tam tutturulabilmektedir. Bu nedenle hassas direnç gerektiren elektronik devreler için çok önemli bir dirençtir. Ayrıca maksimum akımda bile değeri pek değişmemektedir.



Şekil 1.2: Film direnç

1.2.1.4. Entegre Dirençler

Çok sayıda direncin tek bir paket altına alınmasıyla elde edilen direnç türüdür. Bu nedenle entegre direnç veya sıra direnç olarak adlandırılır. Paket içindeki tüm dirençler birer ayaklarından ortak bağlıdır. Diğer ayaklar serbesttir. Bu tür dirençlerin en önemli özelliği tüm dirençlerin aynı değere sahip olmasıdır (Resim 1.4).

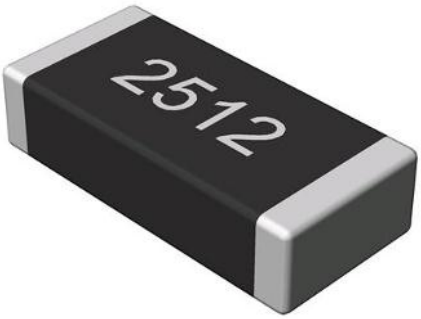


Resim 1.4: Entegre direnç

1.2.1.5. SMD (Yüzey Montajlı) Dirençler

Yüzey montaj teknolojisi (surface mount technology-SMT) yüzey montaj elemanlarını devre kartına doğrudan bağlamak için kullanılan teknolojidir. Delikler (through-hole technology) yardımıyla yapılan eski monte etme yöntemlerinden farklı bir şekilde bileşenler yüzeye monte edilir.

Yüzey montaj aygıtları (surface mount devices-SMDs) hafif, ucuz, küçüktür ve ayrıca devre kartı üzerinde birbirine yakın bir şekilde yerleştirilebilir. Dirençler yüzey montaj teknolojisine uyumlu en çok kullanılan analog devre elemanıdır (Resim 1.5).



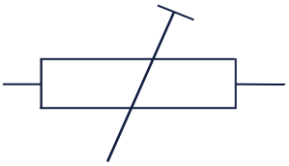
Resim 1.5: SMD direnç

1.2.2. Ayarlı Dirençler

Ayarlı dirençler genel olarak trimpot, potansiyometre ve reostalardan oluşur.

1.2.2.1. Trimpotlar

Devre direncinin bir veya birkaç defa ayarlandıktan sonra bu ayar değerinde sabit bırakıldığı yerlerde kullanılan dirençlerdir. İnce uçlu tornavida ile ayar yapılır. Düşük güce sahiptir ve bu bakımdan elektronik devrelerde sıklıkla kullanılır (Şekil 1.3 - Resim 1.6).



Şekil 1.3: Trimpotun sembolü

Resim 1.6: Trimpotun dış görüntüsü

1.2.2.2. Potansiyometreler

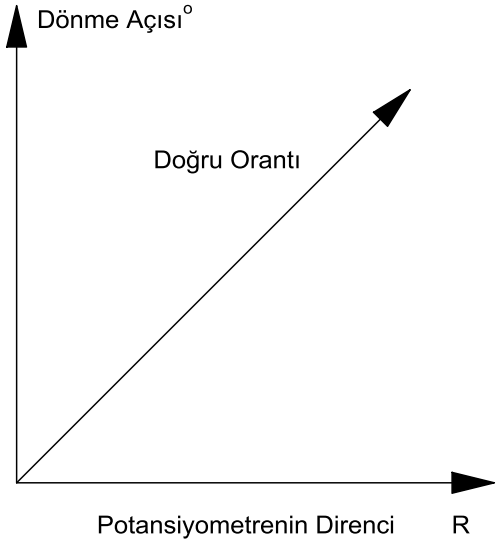
Devre direncinin çok sık değiştirilmesi gerektiği yerlerde kullanılır. Direnç değerinin değişimi el ile değiştirilmeye müsait ince ayar çubuğu sayesinde yapılır. Tıpkı trimpotlar gibi düşük güce sahiptir. Bu bakımdan elektronik devrelerde kullanılmaya müsaittir. Genellikle cihazların ön paneline monte edilir. Potansiyometreler üç başlık altında toplanır. Bunlar; lineer potansiyometreler, logaritmik potansiyometreler, çok turlu potansiyometrelerdir (Şekil 1.4 - Resim 1.7).

Şekil 1.4: Potansiyometrenin sembolü

Resim 1.7: Potansiyometrenin dış görüntüsü

- **Lineer potansiyometreler**

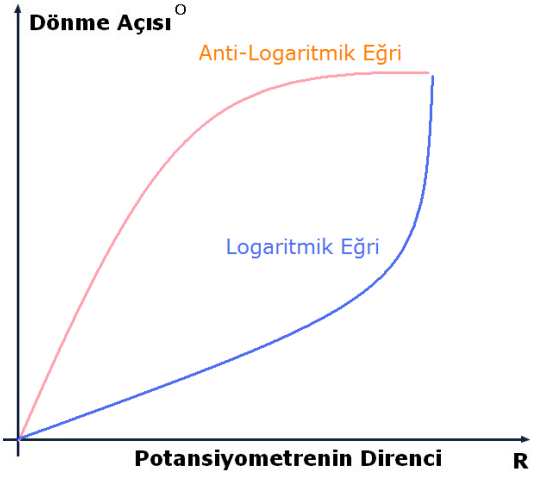
Şekil 1.5'te olduğu gibi lineer potansiyometrelerin (doğrusal) direnci de potansiyometre milinin çevrilme açısına göre doğrusal olarak artar.



Şekil 1.5: Lineer eğri

- **Logaritmik potansiyometreler**

Logaritmik potansiyometrelerde dönüş açısına göre direnç değişim doğru orantılı değildir, logaritmik olarak artar. Şekil 1.6'dan da görülüğü gibi mili çevirirken önce direnç değişimi küçük, sona doğru direnç değişim artar. Anti-logaritmik potansiyometrelerde ise önce direnç değişim yüksektir, sona doğru direnç değişim azalır.



Şekil 1.6: Logaritmik eğri

- **Çok turlu potansiyometreler**

Çok turlu potansiyometrelerde her 360 derece bir tur olarak kabul edilir. Hassas ayar yapmak istenen yerlerde kullanılır. Tur sayısı artıkça hassasiyeti artar (Resim 1.8).

Resim 1.8: Çok turlu potansiyometre

1.2.2.3. Reostalar

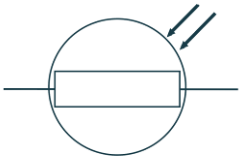
Bu tip ayarlı direncin trimpotlar ve potasiyometrelerden ayrılan en büyük özelliği yüksek güçlü devrelerde kullanılabilmesidir (Resim 1.9). Dolayısıyla üzerinden yüksek akım geçebilir. Direnç ayarı el ile yapılır, ayar yapılan ucu tel üzerinde hareket ettirilerek istenilen değere sahip direnç elde edilir. Ayrıca reostaların ebatları trimpot ve potansiyometrelere göre oldukça büyüktür (reosta).

Resim 1.9: Reosta

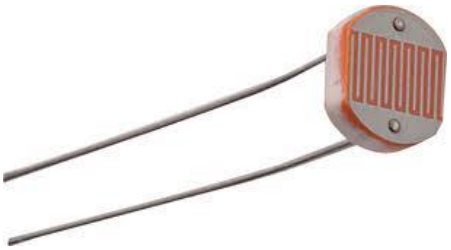
1.2.3. Ortam Etkili Dirençler

Ortam etkili dirençler, ışık etkili dirençler (LDR) ve ısı etkili dirençler (termistörler) olmak üzere ikiye ayrılır.

1.2.3.1. Işık Etkili Dirençler



Şekil 1.7: LDR sembolü



Resim 1.10: LDR dış görünüş

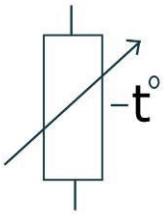
LDR (fotodirenç, light dependent resistance), aydınlıkta az direnç, karanlıkta yüksek direnç gösteren devre elemanlarına denir (Şekil 1.7 - Resim 1.10). Başka bir deyişle LDR'nin üzerine düşen ışık değerine göre gösterdiği direnç değişimi ters orantılıdır. LDR'ler, CdS (kadmiyum sülfür), CdSe (kadmiyum selinür), selenyum, germanyum ve silisyum vb. gibi ışığa karşı çok duyarlı maddelerden üretilmektedir. LDR yapımında kullanılan madde algılayıcının hassasiyetini ve algılama süresini belirlemekte, oluşturulan tabakanın şekli de algılayıcının duyarlılığını etkilemektedir. LDR'ye gelen ışığın odaklaşmasını sağlamak için üst kısım cam ya da şeffaf plastikle kaplanmaktadır. LDR'ler çeşitli boyutlarda üretilmekte olup gövde boyutları büyüdükçe güç değeri yükselmekte ve geçirebilecekleri akım da artmaktadır.

1.2.3.2. Isı Etkili Dirençler

Isı etkili dirençler negatif katsayılı direnç (NTC-negative temperature coefficient) ve pozitif katsayılı direnç (PTC-positivie temperature coefficient) olmak üzere ikiye ayrılır.

- **NTC**

Negatif ısı katsayılı termistörlerdir. Üzerindeki sıcaklık arttıkça direnci azalır, sıcaklık düştükçe direnci artar (Şekil 1.8 - Resim 1.11).

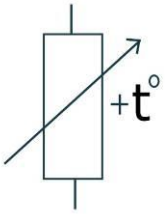


Şekil 1.8: NTC'nin sembolü

Resim 1.11: NTC'nin dış görünüşü

- **PTC**

Pozitif ısı katsayılı termistördür. Üzerindeki sıcaklık arttıkça direnci artar, sıcaklık düştükçe direnci azalır (Şekil 1.9 - Resim 1.12).

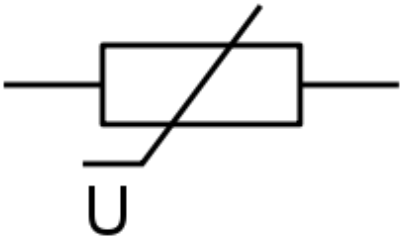


Şekil 1.9: PTC'nin sembolü

Resim 1.12: PTC'nin dış görünüşü

1.2.4. Gerilim Etkili Dirençler (VDR-Varistörler)

Uçlarına uygulanan gerilim miktarı ile ters orantılı olarak direnç değeri değişen elemanlara varistör denir (Şekil 1.10- Resim 1.13). Genellikle aşırı gerilimden korunmak veya frekans kaymasını önlemek amacıyla gerilim sabitlemesi istenen rezonans devrelerine yardımcı limitör devrelerinde kullanılır.



Şekil 1.10: VDR'nin sembolü

Resim 1.13: VDR'in dış görünüşü

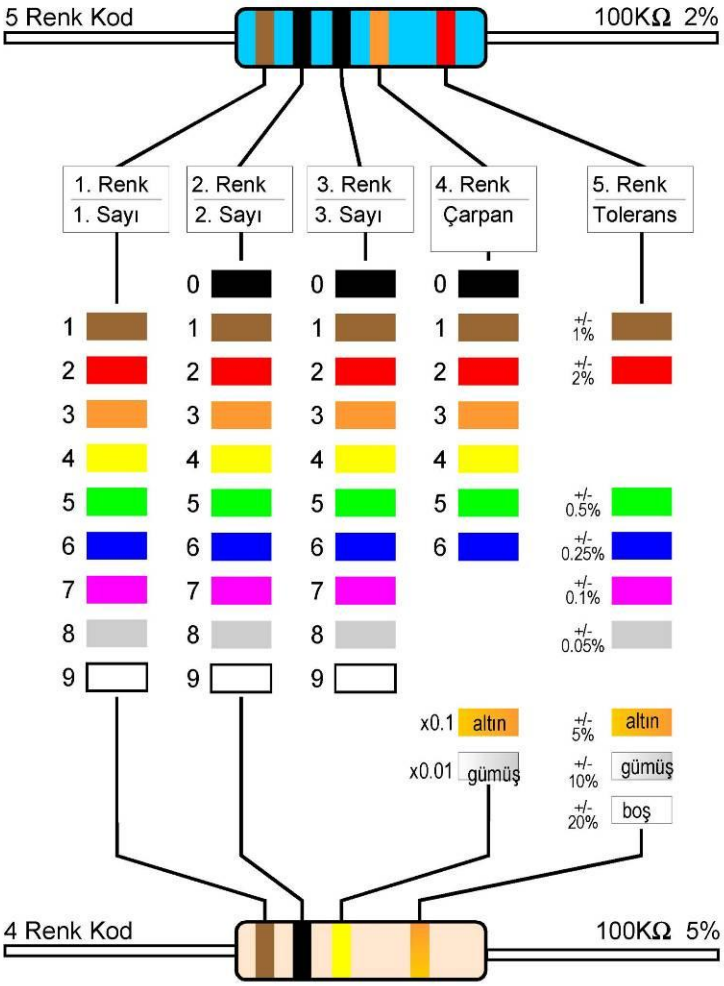
1.3. Sabit Dirençlerin Renk Kodlarıyla Değerlerinin Bulunması

Sabit dirençlerin değeri genellikle üzerine yerleştirilen renk bantları yardımı ile bulunur. Renk bantları sayısı 4 renk ve 5 renk olmak üzere ikiye ayrılır. Direnç üzerindeki renkler okunarak direncin değeri ve toleransı okunabilir. Renklere karşılık gelen sayılar Çizelge 1.1'de verilmiştir.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Çizelge 1.1: Direnç renk kodları

Şekil 1.11'de 5 renk ve 4 renk olarak 100 KΩ'luk direncin renk kodları verilmiştir.



Şekil 1.11: Direnç renk kodları

Örnek 1:

Resim 1.14'teki direncin değeri ve toleransı nedir?

Resim 1.14: Direnç

Çözüm:
1.Renk= Turuncu=3
2.Renk=Turuncu=3
3.Renk=Beyaz=9
Çarpan=Siyah=10^0
Tolerans=Kahverengi=%1

Sonuç=339Ω, Tolerans %1

Örnek 2:
Resim 1.15'teki direncin değeri ve toleransı nedir?

Resim 1.15: Direnç

Çözüm:
1.Renk= Kahverengi=1
2.Renk=Siyah=0
Çarpan=Kırmızı=10^2
Tolerans=Gümüş = % 10

Sonuç=1000Ω, Tolerans %10

Örnek 3: 27K Ω, % 5 toleranslı 4 renk kodlu direncin renkleri nelerdir?

Çözüm:
1.Renk= Kırmızı
2.Renk=Mor
Çarpan=Sarı
Tolerans=Altın

Örnek 4: 184 Ω, % 1 toleranslı 5 renk kodlu direncin renkleri nelerdir?

Çözüm:
1.Renk= Kahverengi
2.Renk=Gri
3.Renk=Sarı
Çarpan=Siyah
Tolerans=Kahverengi

1.4. Analog ve Dijital Ölçü Aleti Kullanarak Farklı Direnç Çeşitlerinin Ölçülmesi

Analog avometre ile ölçüm yapmadan önce dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, ölçü aletinin sıfırlanmasıdır. Ölçü aleti ölçüm yapılacak kademeye alınır ve propları kısa devre edilir. İbrenin en sağa gittiği görülür. Genellikle en üstte, direnç skalası bulunur, buradan ofset trimpotu ile ibrenin sıfır üzerine gelecek şekilde ayarı yapılır. Bu ayar her ölçümden önce mutlaka, ölçüm yapılacak kademe için yapılmalıdır. Bir diğer nokta ise direnç ölçümü yapılırken her iki proba ellerimizle dokunmamaktır. Dokunulursa özelikle yüksek değerli dirençlerin yanlış ölçülmesine neden olur.

Ölçümü yapılacak direnç propların uçlarına bağlanır. Ölçü aleti en üst kademeye alınır. İbredeki sapma mümkün derecede skalanın ortasına gelene dek kademe küçültülür. İbrede sapma yakalandığında skaladaki değer okunup ölçü aletinin kademesi ile çarpılarak direnç değeri bulunur. Kademedeki "K" harfi 1000 anlamına gelir. Analog ölçü aletlerinde sağ taraf sıfırı, sol taraf sonsuzu gösterir (Resim 1.16).

Resim 1.16: Analog avometre

Dijital avometrelerde sıfırlama ayarı yapılmasına gerek yoktur. Bazı dijital avometrelerde kademe bulunmadığından direnç bağlandığında doğrudan kademeyi kendisi ayarlayarak ölçüm yapar. Kademesi olan avometrelerde ise direnç proplara bağlanır, ekranda en hassas değer okunana kadar kademe küçültülür ya da büyültülerek değer okunur. Yine okunan değer kademe ile çarpılarak direnç değeri bulunur. Dijital avometreler analoglara göre okuma kolaylığı sağlar (Resim 1.17).

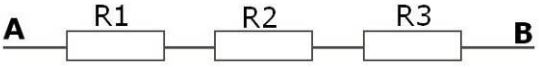
Resim 1.17: Dijital avometre

1.5. Direnç Bağlantıları

Dirençler seri, paralel ve karışık olmak üzere üç şekilde bağlanır.

1.5.1. Seri Bağlantı

Dirençler Şekil 1.12'deki gibi ardı ardına bağlandığında seri bağlanmış olur. Eş değer direnç ise hepsinin aritmetik olarak toplanması ile bulunur. Seri bağlantıda devreden geçen akım sabit, devre gerilimi devre dirençleri üzerine düşen gerilimlerin toplamına eşittir (Şekil 1.13).

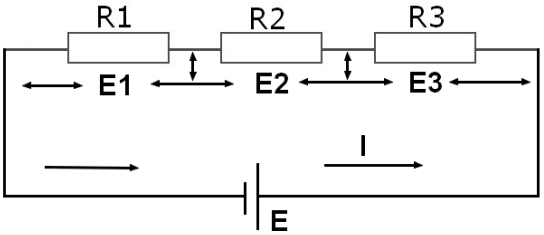


Şekil 1.12: Seri bağlı dirençler

$$R_{AB} = R_1+R_2+R_3$$

Örnek 1: Şekil 1.12'deki devrede R_1=10kΩ, R_2=100Ω R_3=1kΩ R_{AB} nedir?

Çözüm:
$R_{AB} = R_1+R_2+R_3$
R_{AB} =10kΩ+0,1kΩ+1kΩ
R_{AB} =11,1KΩ



Şekil 1.13: Seri direnç devresi

$$E = E_1 + E_2 + E_3$$

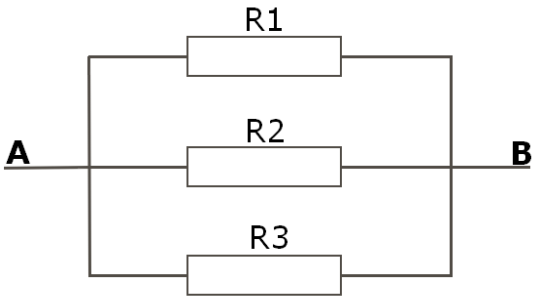
$$E_n = I \times R_n$$

Örnek 2: Şekil 1.13'teki devrede R_1=1kΩ, R_2=2kΩ, R_3=3kΩ, E=12V ise I=? ve E_1=?

Çözüm:
$R = R_1+R_2+R_3$
R =1kΩ+2kΩ+3kΩ
R =6KΩ
I = E / R
I = 12V / 6KΩ
I = 2 mA
$E_1 = I \times R_1$
E_1 = 2mA x 1kΩ
E_1 = 2 Volt

1.5.2. Paralel Bağlantı

Dirençler Şekil 1.14'teki gibi uç uca bağlandığında paralel bağlanmış olur. Eş değer direnç ise hepsinin terslerinin toplamının tersidir. Paralel bağlantıda kol gerilimleri sabit, toplam akım kol dirençlerinden geçen akımların toplamına eşittir (Şekil 1.15).



Şekil 1.14: Paralel bağlı dirençler

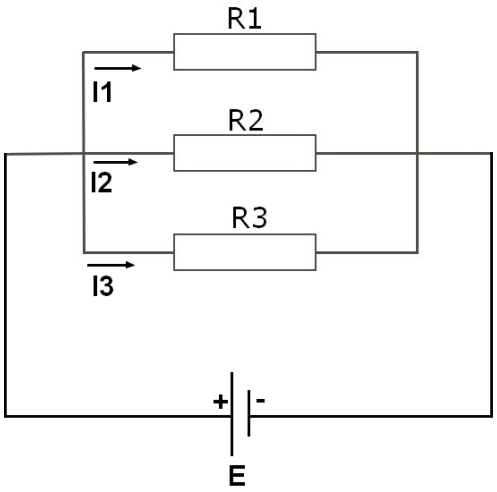
$$1/R_{AB} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$R_{AB} = (R_1 x R_2)/(R_1+R_2)$$ (Sadece iki direnç için geçerlidir)

Örnek 1: Şekil 1.15'teki devrede R_1=10kΩ, R_2=100Ω R_3=1kΩ R_{AB} nedir?

Çözüm: $1/R_{AB} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$

$1/R_{AB}$ = 1/10kΩ + 1/100Ω + 1/1kΩ (Paydalar 10kΩ eşitlenir.)
$1/R_{AB}$ = 1/10kΩ + 100/10kΩ + 10/10kΩ
$1/R_{AB}$ = 111/10kΩ
R_{AB} =10kΩ/111=0,09kΩ=90Ω



Şekil 1.15: Paralel direnç devresi

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$In = E / Rn$$

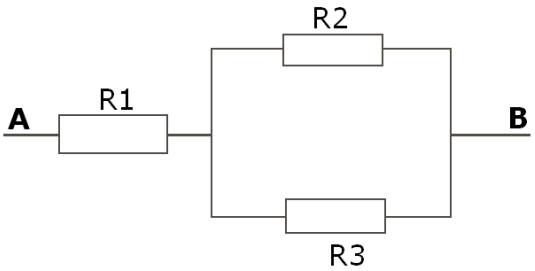
Örnek 2: Şekil 1.15'teki devrede R1=3kΩ, R2=2kΩ R3=6kΩ R=?, I=?, I_1=? nedir?

Çözüm:
1/ R = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3
1/ R = 1/ 3kΩ + 1/2kΩ + 1/6kΩ
1/ R = 6/ 6kΩ
R = 1kΩ

I = E / R
I = 12V / 1kΩ
I = 12mA
$I_1 = E / R_1$
I_1 = 12V / 3 kΩ
I_1 = 4mA

1.5.3. Karışık Bağlantı

Şekil 1.16'daki gibi dirençlerin seri ve paralel bağlanmasına karışık bağlantı denir. Önce paralel bağlı olan dirençlerin eş değeri hesaplanıp seri dirençlerle toplanır.



Şekil 1.16: Karışık bağlı dirençler

Örnek: Şekil 1.16'daki devrede R1=10kΩ, R2=100Ω R3=1kΩ R_{AB} nedir?

Çözüm:
R_{AB} = R1 + (R2 x R3)/(R2+R3)
R_{AB} = 10kΩ + (0,1kΩ x1kΩ)/(0,1kΩ +1kΩ)
R_{AB} = 10kΩ + 0,1(kΩ)^2/1,1kΩ
R_{AB} = 10kΩ + 0,09kΩ
R_{AB} =10,09kΩ

UYGULAMA FAALİYETİ

Dirençlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyarak analog ve direncin dijital ölçü aletleriyle ölçümünü ve istenen özellikte direnç seçimi yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Üzerinde renk kodları olan bir direnç alınız.	➢ Okulunuz malzeme deposundan bir direnç edinebilirsiniz.
➢ Renk kodlarını okuyarak direncin değerini ve toleransını tespit ediniz.	➢ Resim 1.24'teki tablo yardımı ile direncin değerini ve toleransını tespit edebilirsiniz.
➢ Direncin gücünü tespit ediniz.	➢ Direnç gücünü katalog ya da gücünü bildiğiniz bir dirençle kıyaslayarak bulabilirsiniz.
➢ Bu uygulamayı 4 ve 5 renk kodlu dirençlerle üçer defa yapınız.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Direncin tipini tespit edebiliyor musunuz?		
2. Direnç değerini belirleyebiliyor musunuz?		
3. Direncin gücünü tespit edebiliyor musunuz?		
4. Kataloglar içerisindeki bilgileri anlayabiliyor musunuz?		
5. Kullanacağınız devre için uygun direnci belirleyebiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda "Hayır" şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız "Evet" ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Telli direnç yapımında aşağıdaki maddelerden hangisi kullanılmaz?
A) Nikel-krom
B) Nikel-demir
C) Nikel-gümüş
D) Konstantan

2. SMD nedir?
A) Yüzey montaj deliği
B) Yüzey modül dizaynı
C) Yüzey montaj aygıtı
D) Yüzey montaj plaketi

3. Trimpot için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?
A) Gücü düşüktür.
B) Az ayar yapılan yerlerde kullanılır.
C) Boyutları küçüktür.
D) Mil yardımı ile ayar yapılır.

4. Yukarıdaki şekil hangi elektronik elemanın sembolüdür?
A) NTC
B) Telli direnç
C) Trimpot
D) Potansiyometre

5. Aşağıdakilerden hangisi LDR için doğrudur?
A) Isındıkça direnci düşer.
B) Isındıkça direnci artar.
C) Işıkla direnci düşer.
D) Işıkla direnci artar.

6. Aşağıdakilerden hangisi NTC için doğrudur?
A) Isındıkça direnci düşer.
B) Isındıkça direnci artar.
C) Işıkla direnci düşer.
D) Işıkla direnci artar.

7. Aşağıdakilerden hangisi VDR için doğrudur?
A) Gerilimle direnci doğru orantılı değişir.
B) Isındıkça direnci artar.
C) Işıkla direnci düşer.
D) Gerilimle direnci ters orantılı değişir.

8. Kırmızı-mavi-sarı direncin değeri nedir?
A) 26 4Ω
B) 26 k Ω
C) 26 Ω
D) 260000 Ω

9. Hangi renk %10 tolerans anlamına gelir?
A) Kahverengi
B) Gümüş
C) Altın
D) Beyaz

10. Paralel bağlı 3 kΩ ve 6 kΩ eş değeri kaçtır?
A) 200 Ω
B) 2,2 kΩ
C) 2 kΩ
D) 20000 Ω

11. Seri bağlı 100 Ω ve 220 Ω eş değeri kaçtır?
A) 120 Ω
B) 270 Ω
C) 220 Ω
D) 320 Ω

12. 4 kΩ ve 2 kΩ'luk iki direncin paralel bağlı olduğu bir devre 12 volt ile besleniyorsa 4 kΩ'luk direnç üzerinden ne kadar akım geçer?
A) 3 mA **B)** 4 mA **C)** 6 mA **D)** 12 mA

13. 8 kΩ ve 4 kΩ'luk iki direncin seri bağlı olduğu bir devre 12 volt ile besleniyorsa 4 kΩ'luk direnç üzerinden ne kadar gerilim bulunur?
A) 2 V **B)** 4 V **C)** 8 V **D)** 12 V

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–2

AMAÇ

Kondansatörlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyacak; kondansatörleri, analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçebilecek ve istenen özellikte kondansatör seçimi yapabileceksiniz.

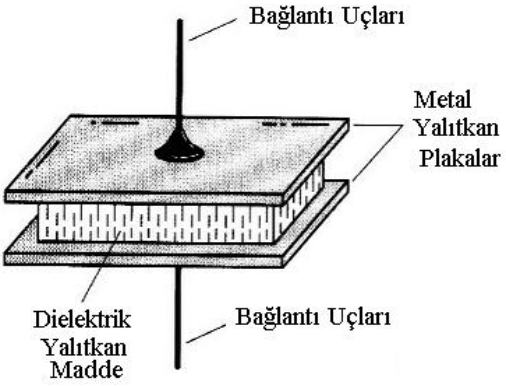
ARAŞTIRMA

- Farklı tiplerde kondansatörler bulunuz.
- Fiziki yapılarını inceleyerek kullanıldığı yerleri tahmin ediniz.

2. KONDANSATÖRLER

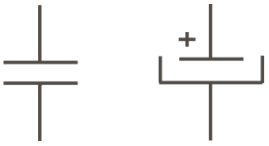
2.1. Tanımı ve İşlevi

İki iletken levha arasına di-elektrik adı verilen bir yalıtkan madde konulmasıyla elde edilen ve elektrik enerjisini depo edebilen devre elemanına kondansatör denir (Şekil 2.1). C harfi ile gösterilir ve birimi farad (F)dır.



Şekil 2.1: Kondansatörün iç yapısı

Kondansatör, devrenin ilk çalışma anında kaynak gerilimine şarj olmaya başlar. Maksimum şarj işlemi gerçekleşene kadar kondansatör üzerinden geçici olarak ve gittikçe azalan Ic akımı akar. Bu akım kondansatör kaynak gerilimine şarj olduğunda durur.



Şekil 2.2: Kutupsuz ve kutuplu kondansatör sembolleri

2.2. Çeşitleri

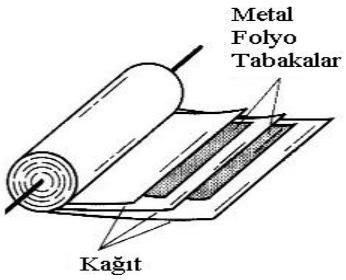
Kondansatörler, sabit ve ayarlı olmak üzere iki gruba ayrılır.

2.2.1. Sabit Kondansatörler

Sabit kondansatörler; kâğıtlı, plastik, seramik, mika, elektrolitik, smd olmak üzere altı çeşittir.

2.2.1.1. Kâğıtlı Kondansatörler

Yalıtkanlık kalitesini artırmak için parafin maddesi emdirilmiş 0,01 mm kalınlığındaki kâğıdın iki yüzüne 0,008 mm kalınlığındaki kalay ya da alüminyum plakalar yapıştırılarak üretilmiş elemanlardır (Şekil 2.3). Kuru kâğıtlı, yağlı kâğıtlı, metalize kâğıtlı vb. modelleri bulunan kâğıtlı kondansatörler uygulamada yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Kapasite değerleri genellikle 1 nF ile 20 µf arasında değişen kâğıtlı kondansatörlerin çalışma gerilimleri ise 100 volt ile 700 volt arasında değişmektedir.



Şekil 2.3: Kâğıtlı kondansatör iç yapısı

2.2.1.2. Plastik Kondansatörler

Yüksek frekanslı devrelerde pek tercih edilmez. Hassas kapasiteli olarak imal edilir. Genellikle zamanlama, filtre veya birkaç yüz khz'lik frekanslı devrelerde kullanılabilir. Di-elektrik maddelerine göre üç türdür. Bunlar; polyester, polistren ve polipropilendir.

2.2.1.3. Seramik Kondansatörler

Di-elektrik maddesi olarak titanyum veya baryum kullanılarak imal edilir. Genellikle yüksek frekanslı devrelerde baypas kondansatörü olarak kullanılır (Resim 2.1).

Resim 2.1: Seramik kondansatör

2.2.1.4. Mika Kondansatörler

Di-elektrik maddesi mikadır (Resim 2.2). Yalıtkan sabiti çok yüksek ve çok az kayıplı elemanlardır. Frekans karakteristikleri oldukça iyidir ve bu özeliklerinden dolayı rezonans ve yüksek frekanslı devrelerde kullanılır. Mikalı kondansatörlerin kapasite değerleri 1 pikofarad ile 0,1 mikrofarad arasında, çalışma voltajları 100 V ile 2500 V arasında, toleransları ise % 2 ile % 20 arasında değişir.

Resim 2.2: Mika kondansatör

2.2.1.5. Elektrolitik Kondansatörler

Elektrolitik kondansatörlere kutuplu kondansatörler de denir. Pozitif ve negatif kutupları bulunan, alüminyum levhalar arasında asit borik eriyiğinin di-elektrik madde olarak kullanıldığı kondansatörlerdir. Negatif uç, kondansatörün dış yüzeyini oluşturan alüminyum plakaya bağlıdır (Resim 2.3).

Resim 2.3: Elekrolitik kondansatör

Bu tip kondansatörler büyük kapasiteli olup en sık kullanılan kondansatörlerdir. Genellikle filtre, gerilim çoklayıcılar, kuplaj - dekuplaj ve zamanlama devrelerinde kullanılır. Yüksek frekans karakteristikleri kötü olduğundan yüksek frekanslı devrelerde tercih edilmez.

Elektrolitik kondansatörlerin üzerinde kapasite değeri dışında maksimum şarj gerilimi de yazılıdır (lµF/50 V gibi). Bu gerilime kırılma gerilimi de denir. Kapasite seçimi yaparken aynı zamanda gerilim değerleri de dikkate alınmalıdır. Asla devreye ters bağlanmamalı ve şarj gerilimi üzerine çıkılmamalıdır. Böyle bir durumda kondansator di-elektrik özelliğini kaybeder ve bozulur.

Alüminyum ve tantalyum plakalı olmak üzere iki tür elektrolitik kondansatör vardır. İkisi arasındaki fark, tantalyum oksidin yalıtkanlık sabiti daha büyük olmasıdır.

- **Alüminyum elektrolitik kondansatör**

Alüminyum oksitli anot folyo ile alüminyum katot folyodan oluşan sent şeklindeki iki plakanın arasına elektrolitik emdirilmiş kâğıt ile sarılarak elde edilen kutuplu kondansatörler-

dir. Alüminyum oksitli plakaya bağlı elektrot pozitif (+), alüminyum plakaya bağlı elektrot ise negatif (-) kutup olarak isimlendirilir.

- **Tantalyum elektrolitik kondansatör**

Tantalyum oksitli folyo şerit ile tantalyum folyo şeritten oluşur. Tantalyum oksitli plakaya pozitif (+), tantalyum plakaya ise negatif (-) kutup bağlanmıştır (Resim 2.4).

Resim 2.4: Tantalyum elekrolitik kondansatör

Elektrolitik kondansatörlerin hacmine göre kapasitelerinin büyük ve maliyetinin ucuz olması bir avantajdır. Ancak kaçak akımlar büyüktür ve ters bağlantı hâlinde bozulmaları birer dezavantajdır.

2.2.1.6. SMD Kondansatörler

Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş kondansatörlerdir. Boyutları diğer kondansatörlere göre çok daha küçüktür ancak mercimek ve mika kondansatörlerle erişilen sığa değerlerine sahip olarak üretilir. Üzerindeki kodların okunuşları markadan markaya farklılık gösterir.

Resim 2.5: SMD kondansatör

2.2.2. Ayarlı Kondansatörler

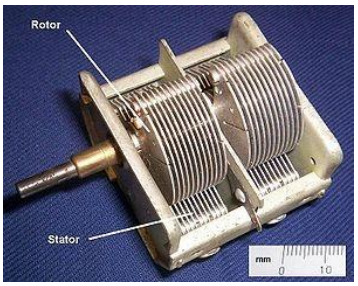
Varyabl ve trimer kondansatör olmak üzere gruba ayrılır.

2.2.2.1. Ayarlanabilir (Variable) Kondansatörler

Bu gruba giren kondansatörler, İngilizce adı ile variable olarak da anılmaktadır. Bu kelimenin Türkçe karşılığı "değişken ve ayarlanabilir" dir. Ayaralanabilir kondansatörler paralel bağlı çoklu kondansatörden oluşmaktadır. Bu kondansatörlerin birer plakası sabit olup diğer plakaları Resim 2.6'da görüldüğü gibi bir mil ile döndürülebilmektedir. Böylece

kondansatörlerin kapasiteleri istenildiği gibi değiştirilebilmektedir. Hareketli plakalar sabit plakalardan uzaklaştıkça karşılıklı gelen yüzeyler azalacağından kapasite de küçülecektir. Hareketli plakalara rotor, sabit plakalara stator denmektedir.

Şekil 2.4: Ayarlanabilir kondansatörün sembolü



Resim 2.6: Ayarlanabilir kondansatör

Plakalar genelde alüminyum veya özel amaçlar için gümüş kaplı bakırdır. Plakalar arasında yalıtkan madde olarak genellikle hava vardır. Bazı özel hâllerde, mika plastik ve seramik de kullanılmaktadır. Bazen vakumlu (havasız) da yapılmaktadır. Havalı ve yalıtkanlı kondansatörlerde bir miktar kaçak (leakage) akımı vardır. Vakumlu olanlarda hiç kaçak yoktur. Vakumlu kondansatörlerde çalışma gerilimi 50 KV'a ve frekansı 1000 MHz'e kadar çıkabilmektedir. Kapasitif değeri ise 50-250 pF arasında değişir. Havalılarda ise kapasite 400 pF'a kadar çıkabilmektedir. Ayarlanabilir kondansatörler ile büyük kapasitelere ulaşılamamakla beraber yukarıda belirtildiği gibi çok büyük gerilimlerle ve frekanslarda çalışılabilmektedir. Bazı uygulamalarda aynı gövdede iki ayarlanabilir kondansatör kullanılır. Bunlardan birinin rotoru, statordan uzaklaştırılırken diğerinin rotoru ters bir çalışma şekli ile statoruna yaklaşır.

Ayaralanabilir kondansatörün kullanılma alanları:

- Radyo alıcıları (Plakaları çok yakın ve küçüktür.)
- Radyo vericileri
- Büyük güçlü ve yüksek frekans üreticileri (Plakalar arası 2,5 cm'dir.)

2.2.2.2. Trimmer (Düzeltici) Kondansatörler

Kapasite değeri tornavida ile değiştirilebilen ayarlı kondansatörlerdir. Trimmer kondansatörlerde ayar vidasına bağlı 360 derece dönebilen levhalar ile yüzey alanı değiştirilmesiyle kapasite değeri azaltılıp çoğaltılabilir. Trimmer kondansatörlerin boyutları ve kapasite değerleri küçüktür. Bu çeşit kondansatörler FM verici, telsiz vb. devrelerde kullanılır.

Şekil 2.5: Trimer kondansatör sembolü

Resim 2.7: SMD trimmer kondansatör

2.3. Rakamlarla Kondansatör Değerinin Okunması

Kondansatörlerin kapasite değerleri ve çalışma voltajları arttıkça gövde boyutları da artar. Gövde boyutu yeterli olduğunda kondansatörün kapasite değeri ve çalışma voltajı kondansatör üzerine yazılır. Küçük gövdeli kondansatörlerde ise bazı kısaltmalar kullanılarak bu değerler kodlanmıştır. Kapasite değerlerinin kodlanması için rakamlar ya da renkler kullanılabilir.

- **Kondansatörlerin rakamlar ile kodlanması**

Rakamlar ile yapılan kodlamalarda bazı kısaltmalardan yararlanılır. Örneğin sıfır yerine yalnızca "." konur. Tolerans değerleri de harfler ile gösterilir. Bu durumda;

B : % 0,1
C : % 0,25
D : % 0,5
F : % 1
G : % 2
J : % 5
K : % 10
M : % 20

Örnekler:

p68 kodu = 0,68 pikofarad

15 kodu = 15 pikofarad

470 kodu = 470 pikofarad

152 kodu = 1500 pikofarad

472 kodu = 4700 pikofarad

103 kodu =10000 pikofarad

104 kodu = 100000 pikofarad

1n kodu = 1 nanofarad

1n2 kodu = 1,2 nanofarad

33 n kodu = 33 nanofarad

,039 kodu = 0,039 mikrofarad

,05 kodu = 0,05 mikrofarad

- **Kondansatörlerin renk bantları ile kodlanması**

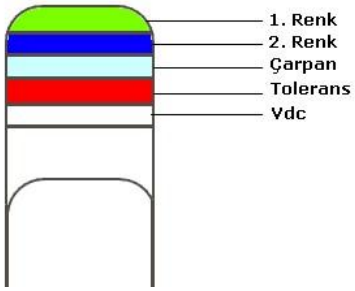
Kondansatörlerin kapasite, voltaj ve tolerans değerleri renk bantları ile kodlanırken dirençlerde olduğu gibi tam bir standardizasyon olmadığından değişik şekillerde yapılan kodlamalar ile karşılaşılabilir. Kondansatörlerin renk kodlarının rakamsal karşılığı bulunurken renkler yukarıdan aşağıya ya da soldan sağa doğru okunur. Bulunan değerler pikofarad cinsindendir.

Üç renk bandı ile yapılan kodlama: Bu şekilde yapılan kodlamalarda ilk iki bant birinci ve ikinci sayı, üçüncü bant ise çarpandır.

Dört renk bandı ile yapılan kodlama: İlk iki renk birinci ve ikinci sayı, üçüncü renk çarpan, dördüncü renk ise tolerans değerini belirtir.

Beş renk bandı ile yapılan kodlama: İlk iki renk birinci ve ikinci sayı, üçüncü renk çarpan, dördüncü renk tolerans, beşinci renk ise çalışma voltajını belirtir.

Altı renk bandı ile yapılan kodlama: İlk iki renk birinci ve ikinci sayı, üçüncü renk çarpan, dördüncü renk tolerans, beşinci renk çalışma voltajı ve altıncı renk de sıcaklık katsayısını belirtir.



Şekil 2.6: Film kondansatör renk kodları

Renkler	Sayı	Çarpan	Tolerans	Çalışma Gerilimi (V)
Siyah	0	10^0	% 20	10 V
Kahverengi	1	10^1	% 1	100 V
Kırmızı	2	10^2	% 2	200 V
Turuncu	3	10^3	% 3	300V
Sarı	4	10^4	% 4	400 V
Yeşil	5	10^5	% 5	500 V
Mavi	6	10^6	% 6	600 V
Mor	7	10^7	% 7	700V
Gri	8	10^8	% 8	800V
Beyaz	9	10^9	% 9	900 V
Kırımızı/Mor			-	-
Altın		10^{-1}	% 5	-
Gümüş		10^{-2}	% 10	-

Çizelge 2.1: Kondansatör renk kodları

Örnek: Kondansatörün renkleri sırasıyla mavi, kırmızı, kahverengi, kahverengi, kırmızı ise bu renklerin anlamı nedir?

Çözüm: $62X10^1$ = 620 pF %1 = Tolerans 200 volt değerindedir.

2.4. Avometre ile Sağlamlık Kontrolünün Yapılması

Kondansatörün sağlamlık kontrolü analog avometre ile ohm kademesinde yapılır. İlk önce kondansatörün iki ucu kısa devre edilir daha sonra avometre ohm kademesine alınır. Avometrenin kırmızı ucu kondansatörün eksi ucuna, siyah ucu ise kondansatörün artı ucuna bağlanmalıdır. Sağlam kondansatörde ibre önce sapar sonra tekrar geri döner. Küçük değerli kondansatörlerde sapma ve geri gelme hızlı, büyük değerli kondansatörlerde ise daha yavaştır.

2.5. Kapasitemetre ile Kondansatörün Değerinin Ölçülmesi

Bu konuya “2.6. LCRmetre ile Sağlamlık Kontrolünün Yapılması” başlığı altında değinilecektir.

2.6. LCRmetre ile Sağlamlık Kontrolünün Yapılması

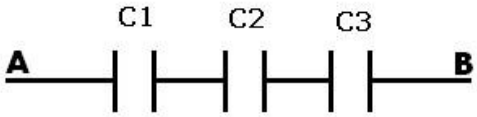
LCRmetre ile kondansatör değeri ölçülür. Kondansatörün üzerindeki değer ile LCRmetreden okunan değer aynı ise kondansatör sağlamdır. Farklı bir değer okunursa kondansatör bozuktur.

2.7. Kondansatörlerin Bağlantıları

Kondasatörler de dirençler gibi seri, paralel, karışık olmak üzere üç şekilde bağlanır.

2.7.1. Seri Bağlantı

Şekil 2.7'deki gibi kondansatörlerin art arda bağlanmasına seri bağlantı denir. Toplam kapasite kondansatörlerin terslerinin toplamının tersine eşittir. Kondansatörler seri bağlanırken zıt kutuplar birbirine bağlanmalıdır.



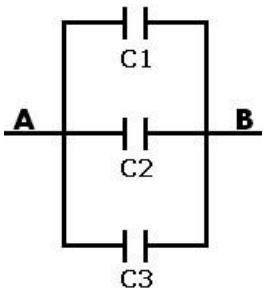
Şekil 2.7: Kondansatörlerin seri bağlanması

$1/C_{AB} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$
$C_{AB} =(C_1xC_2)/(C_1+C_2)$(Sadece iki kondansatör için geçerlidir.)

Örnek: Şekil 2.7'deki devrede C_1=10µF, C_2=20µF C_3=1µF C_{AB} nedir?

Çözüm: $1/C_{AB} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3$
$1/ C_{AB}$ = 1/10µF + 1/20µF + 1/1µF (Paydalar 20µF eşitlenir.)
$1/ C_{AB}$ = 2/20µF + 1/20µF + 20/20µF
$1/ C_{AB}$ = 23/20µF
C_{AB} =20µF/23=0,86µF

2.7.2. Paralel Bağlantı



Şekil 2.8: Kondansatörlerin paralel bağlanması

Kondansatör Şekil 2.8'deki gibi ardı ardına bağlandığında paralel bağlanmış olur. Eş değer kapasite ise hepsinin aritmetik olarak toplanması ile bulunur. Kondansatörler paralel bağlanırken aynı kutuplar birbirine bağlanmalıdır.

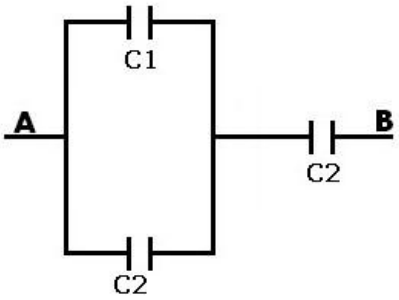
$C_{AB} = C_1+C_2+C_3$

Örnek: Şekil 2.8'deki devrede C_1=10µF, C_2=100µF C_3=1µF C_{AB} nedir?

Çözüm: $C_{AB} = C_1+C_2+C_3$
C_{AB} =10µF +100µF +1µF
C_{AB} =111µF

2.7.3. Karışık Bağlantı

Şekil 2.9'daki gibi kondansatörlerin seri ve paralel bağlanmasına karışık bağlantı denir. Önce paralel bağlı olan kondansatörlerin eş değeri hesaplanıp seri kondansatörlerle toplanır.



Şekil 2.9:Kondansatörlerin karışık bağlanması

Örnek: Şekil 2.9'daki devrede C_1=10µF, C_2=10µF C_3=10µF C_{AB} nedir?

Çözüm:
$\mathbf{C_{AB} = C_1 + (C_2 \times C_3)/(C_2+C_3)}$
C_{AB} = 10µF + (10µF x10µF)/(10µF +10µF)
C_{AB} = 10µF + 100(µF)^2/20µF
C_{AB} = 10µF + 5µF
C_{AB} =15µF

UYGULAMA FAALİYETİ

Kondansatörlerin yapısını, çeşitlerini, renk kodlarını tanıyarak kondansatörleri analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçünüz ve istenen özellikte kondansatör seçimi yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Üzerinde renk kodları olan veya rakam bulunan birkaç tane kondansatör alınız.	➢ Okulunuz malzeme deposundan bu kondansatörleri edinebilirsiniz.
➢ Renk kodlarını okuyarak kondansatörün değerini, toleransını ve gerilimini tespit ediniz. Üzerinde rakam varsa bu rakamları okuyarak kondansatörün değerini belirleyiniz.	➢ Resim 2.13 ve Çizelge 2.1'deki tablo yardımı ile kondansatörün değerini ve toleransını tespit edebilirsiniz.
➢ Bu uygulamayı farklı kondansatörlerle üçer defa yapınız.	

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kondansatörün tipini belirleyebiliyor musunuz?		
2. Kondansatörün gerilim değerini belirleyebiliyor musunuz?		
3. Kondansatörün kapasite değerini belirleyebiliyor musunuz?		
4. Katalog bilgilerini okuyabiliyor musunuz?		
5. Devre için uygun kondansatörü seçebiliyor musunuz.		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Kondansatör için aşağıda verilen ifadelerin hangisi yanlıştır?
A) Elektrik enerjisini depo eder.
B) İki yalıtkan arasında bir iletken bulunur.
C) Birimi faraddır.
D) Paralel bağlı kondansatörlerde toplam sığa, kapasitelerin aritmetik toplamına eşittir.

2. Seri bağlı 6µF ve 3µF iki kondansatörün toplamı nedir?
A) 1µF
B) 2µF
C) 3µF
D) 4µF

3. Kâğıt kondansatörler hangi gerilim değeri arasında çalışır?
A) 100V-200V
B) 300V-500V
C) 200V-400V
D) 100V-700V

4. Plastik kondansatörler hangi maddeden yapılmaz?
A) Polyester
B) Polipropilen
C) Poliüreten
D) Polistren

5. Aşağıdakilerden hangisi kutuplu kondansatördür?
A) Mika
B) Elektrolitik
C) Seramik
D) Kâğıtlı

6. Üzerinde 102 yazan kondansatörün değeri kaçtır?
A) 102µF
B) 100nF
C) 1nF
D) 0,1µF

7. Üzerinde 1 n8 yazan kondansatörün değeri kaçtır?
A) 18 µF
B) 1.8 nF
C) 18 nF
D) 18 µF

8. Üzerinde p22 yazan kondansatörün değeri kaçtır?
A) 22 pF
B) 2.2 pF
C) 0,22 pF
D) 0,022 pF

9. Üzerinde kırmızı, mavi, kahverengi, kırmızı, sarı renkle bulunan kondansatörün değeri nedir?
A) 26 pF, %1, 200 V
B) 260 pF, %2, 400 V
C) 26 nF, %1, 600 V
D) 2600 pF, %1, 800 V

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–3

AMAÇ

Bobinlerin yapısını ve çeşitlerini tanıyarak analog ve dijital ölçü aletleriyle bunları ölçebilecek ve istenen özellikte bobin seçimini yapabileceksiniz.

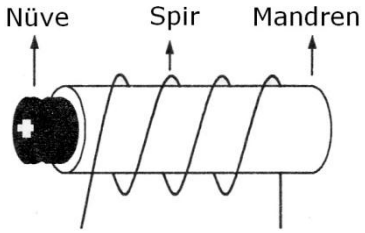
ARAŞTIRMA

- Bobinlerin kullanıldığı yerleri araştırınız.

3. BOBİNLER

3.1. Tanımı, İşlevi ve Yapısı

Genellikle nüve adı verilen dayanıklı yalıtkan üzerine izoleli iletken tellerin sarmal bir şekilde yan yana ve üst üste sarılmasıyla elde edilen devre elemanına bobin denir. L harfi ile gösterilir ve birimi Henry (H)dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Bobin

Bobinler, çeşitli ölçü ve görünümdeki parçalar üzerine sarılır. Bu parçalara mandren adı verilir. Yine bobinlerde ise mandren içerisinde sabit veya hareketli bir parça daha bulunur. Bobinin mandreni içerisinde bulunan parçaya ise nüve denir. Mandren ve nüve kullanılmadan yapılmış bobinler de mevcuttur. Bu tür bobinler hava nüveli bobinler olarak tanımlanır. Bobin telinin her bir sarımına spir denir.

Bobinler elektrik akımına direnç gösterir. Üzerinden geçen akım nedeniyle elektromanyetik bir alan ve akım ile gerilim arasında faz farkı oluşturulur. Bu özelliklerden dolayı bobinler kullanıldıkları devrelerde elektromanyetik etki ve faz farkı meydana getirir.

Bobinler DC ve AC devrelerde kullanılabilir. DC gerilim ile çalışmada bobin üzerinden sabit bir manyetik alan meydana gelir. Bu durumda bobin direnç gibi davranır. Bobinin DC'deki direnci, sarımda kullanılan telin direnci kadardır.

Bobine AC gerilim uygulandığında ise üzerinden geçen akım değişimine bağlı olarak değişken bir manyetik alan oluşur. Bobinin alternatif akım değişimlerine karşı gösterdiği zorluğa endüktans ve alternatif akımda gösterdiği direnç değerine ise endüktif reaktans denir.

3.2. Çeşitleri

Sabit ve ayarlı olmak üzere iki tip bobin vardır.

3.2.1. Sabit Bobinler

Hava nüveli, ferit nüveli, demir nüveli, smd (yüzey montajlı) bobinler olmak üzere dört çeşit sabit bobin bulunmaktadır.

3.2.1.1. Hava Nüveli Bobinler

Şekil 3.2: Hava nüveli bobin sembolü

Resim 3.1: Hava nüveli bobin

Nüve olarak hava kullanılır. Sembolü Şekil 3.2'de verilmiştir. Yüksek frekanslı devrelerde, genellikle AM-FM alıcı ve vericilerde, bant geçiren filtre devrelerinde, test cihazlarında kullanılır. Oldukça küçük endüktans değerine sahip üretilir (13 nH-132 nH). Omik dirençleri oldukça küçüktür (Resim 3.1).

3.2.1.2. Ferit Nüveli Bobinler

Şekil 3.3: Ferit nüveli bobin sembolü

Pirinç, polyester veya demir tozundan yapılmış nüve üzerine sarılır. Bu tip bobinlerin endüktansı genellikle µH seviyelerindedir. Güç bobini olarak kullanılan türlerinin endüktansı mH seviyesindedir. Yüksek frekanslı devrelerde, radyo alıcı-vericilerinde kullanılır.

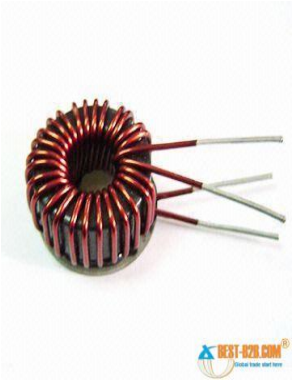
Resim 3.2: Ferit nüveli bobin

Ferit nüveli dolu ve hava oluklu olmasına göre ayrıca iki türü vardır. İçi dolu ferit nüveli bobinler büyük, orta ve küçük ebatlı olarak üretilir. Toleransları % 15 ve DC'deki direnç değeri 0,007 Ω - 180 Ω arasında değişir. 20 mA ile 4 A arasında çalışacak şekilde üretilir. Anahtarlamalı mod güç kaynaklarında, IGBT, MOSFET, SCR ve triyak kontrolerinde kullanılır. Endüktanları 1µH ile 150 mH arasında değişir. Küçük ebatlı ferit nüveli bobinlerin endüktans değeri renk kodu ile okunur. Diğerlerinde harf ve rakam kodlaması vardır. Daha çok düşük güç devrelerinde kullanılır.

İçi oyulmuş silindir şeklindeki ferit nüveli bobinler Resim 3.3'da gösterilmiştir. Güç kaynaklarında, bataryaları şarj etmede, filtre ve jeneratör devrelerinde kullanılır. 20 mA ile 27 A arasında çalışacak şekilde üretilir. Yüksek güçlü devrelerde kullanılabilir. Ferit nüve polyolefin maddesinden oluşmuştur.

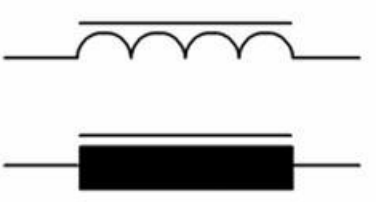
Resim 3.3: Ferit nüveli bobin

Toroidal nüveli bobinler (Resim 3.4), anahtarlamalı tip güç kaynaklarında, radyo frekans devreleri gibi yüksek frekanslı devrelerinde kullanılır. Endüktansları 1µH ile 1H arasında değişebilir. DC dirençleri ortalama 0,074Ω'dur. 25W-100W güce sahiptir.



Resim 3.4: Toroidal nüveli bobin

3.2.1.3. Demir Nüveli Bobinler



Şekil 3.4: Demir nüveli bobin sembolü

Resim 3.5: Demir nüveli bobin

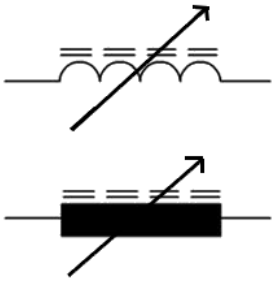
Birer yüzeyleri yalıtılmış ince demir sacların art arda birbirlerine yapıştırılmasıyla elde edilen nüvedir ve bobin bu nüvenin üzerine sarılır. Düşük frekanslarda kullanılır. Bunlara örnek transformatörler verilebilir (Şekil 3.4 - Resim 3.5).

3.2.1.4. SMD Bobinler

Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş bobinlerdir. Boyutları diğer bobinlere göre çok daha küçüktür. Sayısal sistemlerde sıkça kullanılır. Farklı kılıf modellerinde üretilir. Üzerine değeri rakam, harf veya renkler ile kodlanır.

Resim 3.6: SMD toroidal demir nüveli bobin

3.2.2. Ayarlı Bobinler



Şekil 3.5: Ayarlı bobin sembolü

Resim 3.7: Ayarlı bobin sembolü

Nüvenin mandren içindeki hareketi ile endüktif dirençleri değişebilen bobinlerdir. Nüve mandren içerisine girdikçe değer artar. Dışarıya çıktıkça değer azalır. Endüktans değeri bir tornavida yardımıyla nüvenin aşağıya yukarıya hareket ettirilmesi suretiyle değiştirilir. Alıcı ve verici devrelerinde kullanılan muayyen denilen malzemeler bu özelliktedir. Ayarlı bobinler endüktansları, yatay ve dikey ayarlanabilir şekilde, dış yüzeyi kılıflı veya kılıfsız olmak üzere ikiye ayrılır. Çoğunlukla dört pinli olmalarına rağmen beş pinli olanları da bulunmaktadır.

3.3. LCRmetre ile Endüktans Ölçümü

Bobinlerin endüktansları LCRmetre cihazlarının endüktans (L) kademesinde ölçülür. LCR metrenin komütatör anahtarı endüktans ölçme konumuna getirilir. Ölçüme küçük endüktans değerli kademeden başlanması daha uygundur. Eğer bobin endüktansı büyükse ve sonuç olarak ekranda değer okunmuyorsa kademe bir basamak yukarı çıkartılabilir. Bu işleme ekranda uygun endüktans değeri okunana kadar devam edilir. Bobinlerde kutup yönü olmadığından propların bobine istenen yönde paralel olarak bağlanması yeterlidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Bobinlerin yapısını ve çeşitlerini tanıyarak analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçünüz ve istenen özellikte bobin seçiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ 1 mm^2 kesitinde bobin, ferit nüve ve kalem edininiz.	➢ Okulunuz malzeme deposundan bu malzemeleri edinebilirsiniz.
➢ Kalem ve ferit nüve üzerine 10 spir sararak uçlarını kesiniz.	➢ Bobinleri yan yana sıkı bir şekilde sarmalısınız. Bobin uçlarındaki emayeyi ise bir çakı yardımı ile kazıyabilirsiniz.
➢ LCRmetre ile her iki bobininde endüktanslarını ölçünüz.	➢ İki endüktans arasındaki farkı ve hangisinin neden büyük olduğunu öğrendiğiniz bilgiler ile yorumlayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Bobinin tipini belirleyebiliyor musunuz?		
2. Bobinin endüktansını belirleyebiliyor musunuz?		
3. Bobin kataloglarını okuyabiliyor musunuz?		
4. Uygun bobini belirleyebiliyor musunuz.		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Bobinin mandreni içerisinde bulunan parçaya nüve denir.

2. ( ) Bobinler sadece AC devrelerde kullanılabilir.

3. ( ) Torodial nüveli bobinler, anahtarlamalı tip güç kaynaklarında, radyo frekans devreleri gibi yüksek frekanslı devrelerinde kullanılır.

4. ( ) Bobinlerin endüktansları LCRmetre ile ölçülür.

5. ( ) Ferit nüveli bobinler, çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş bobinlerdir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–4

AMAÇ

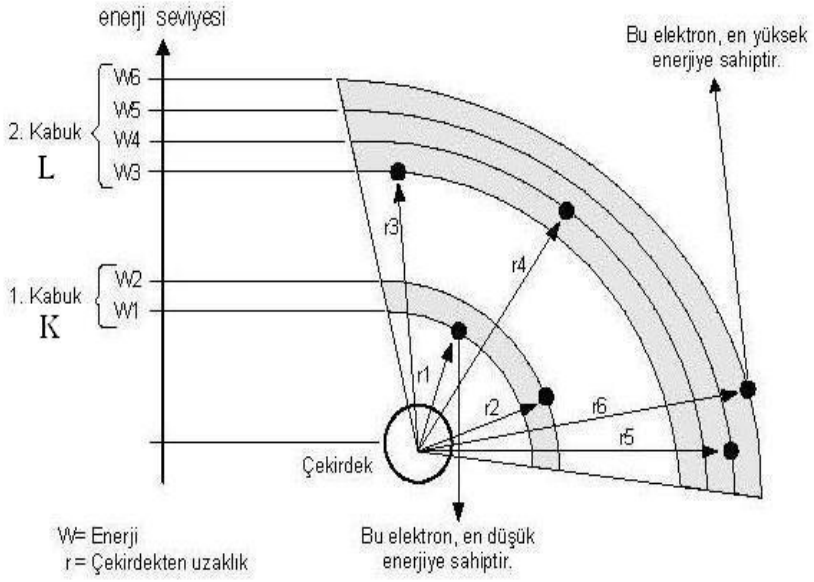
Diyotların yapısını ve çeşitlerini tanıyarak analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, devrede kullanabilecek ve istenen özellikte diyot seçimi yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- İletken, yalıtkan ve yarı iletken maddeleri araştırınız.
- P ve N tipi maddelerin özeliklerini araştırınız.
- Diyot çeşitlerini ve devrede hangi amaçlarla kullanıldıklarını araştırınız.

4. TEMEL YARI İLETKEN ELEMANLAR, DİYOTLAR

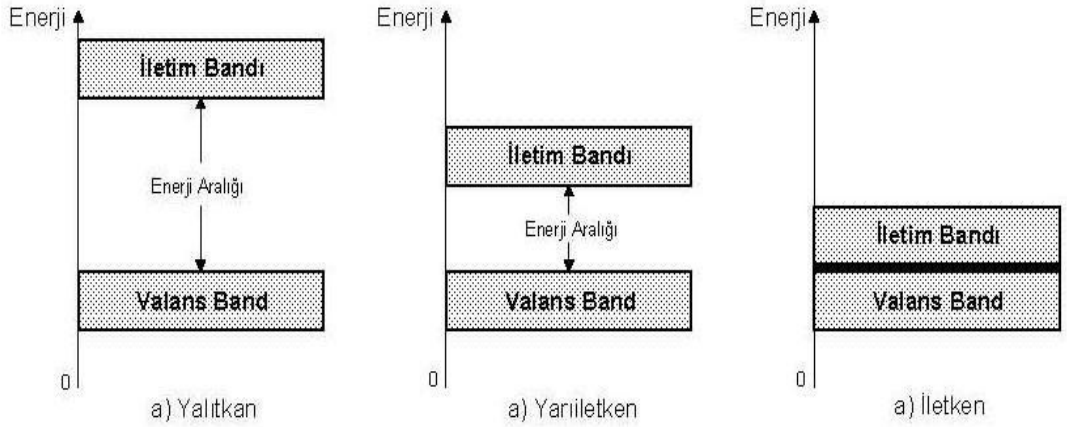
4.1. İletken, Yalıtkan ve Yarı İletken Maddeler



Şekil 4.1: Atom kesiti

Yeryüzündeki bütün maddeler, atomlardan oluşmuştur. Atom ise ortada bir çekirdek ve bunun etrafındaki değişik yörüngelerde hareket eden elektronlardan oluşmaktadır (Şekil 4.1). Elektronlar, negatif elektrik yüküne sahiptir. Bir etkime yolu ile atomdan ayrılan elekt-

ronların bir devre içerisindeki hareketi, elektrik akımını oluşturur. Elektronların her madde içerisindeki hareketi aynı değildir.



Şekil 4.2: Yalıtkan, yarı iletken, iletken enerji bantları

Elektron hareketine göre maddeler üçe ayrılır: iletkenler, yalıtkanlar ve yarı iletkenler. Şekil 4.2'de bu maddelerin enerji bantları görülmektedir. İletkenliğin sağlanması için bu enerji bandının aşılması gerekmektedir.

➢ **İletkenlerin başlıca özellikleri:**

- Elektrik akımını iyi iletir.
- Atomların dış yörüngesindeki elektronlar atoma zayıf olarak bağlıdır. Isı, ışık ve elektriksel etki altında kolaylıkla atomdan ayrılır.
- Dış yörüngedeki elektronlara valans elektron denir.
- Metaller, bazı sıvı ve gazlar iletken olarak kullanılır.
- Metaller, sıvı ve gazlara göre daha iyi iletkendir.
- Metaller de iyi iletken ve kötü iletken olarak kendi aralarında gruplara ayrılır.
- Atomları 1 valans elektronlu olan metaller, iyi iletkendir. Buna örnek olarak altın, gümüş, bakır gösterilebilir.
- Bakır tam saf olarak elde edilmediğinden altın ve gümüşe göre biraz daha kötü iletken olmasına rağmen ucuz ve bol olduğundan en çok kullanılan metaldir.
- Atomlarında 2 ve 3 valans elektronu olan demir (2 dış elektronlu) ve alüminyum (3 dış elektronlu) iyi birer iletken olmamasına ve bakıra karşı daha az mukavemetli olmasına rağmen ucuz ve bol olduğu için geçmiş yıllarda kablo olarak kullanılmıştır.

- **Yalıtkanların başlıca özelikleri:**

  - Elektrik akımını iletmeyen maddelerdir.
  - Bunlara örnek olarak cam, mika, kâğıt, kauçuk, lastik ve plastik maddeler gösterilebilir.
  - Elektronları atomlarına sıkı olarak bağlıdır.
  - Bu maddelerin dış yörüngedeki elektron sayıları 8 ve 8'e yakın sayıda olduğundan atomdan uzaklaştırılmaları zor olmaktadır.

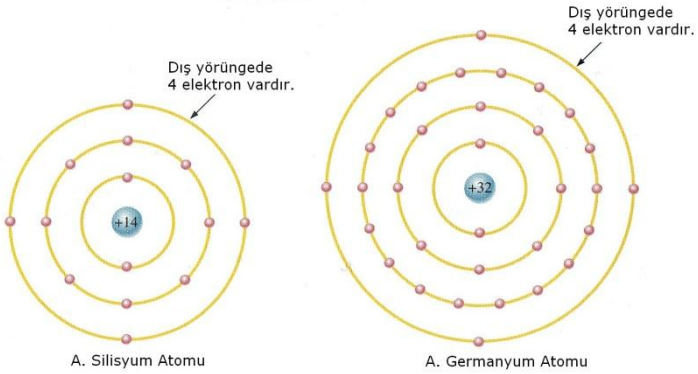
- **Yarı iletken maddelerin özellikleri:**

  - İletkenlik bakımından iletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alır.
  - Normal hâlde yalıtkandır.
  - Isı, ışık ve magnetik etki altında bırakıldığında veya gerilim uygulandığında bir miktar valans elektronu serbest hâle geçer yani iletkenlik özelliği kazanır. Bu şekilde iletkenlik özelliği kazanması geçici olup dış etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına döner.
  - Tabiatta basit eleman hâlinde bulunduğu gibi laboratuvarda bileşik eleman hâlinde de elde edilir.
  - Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptir yani atomları kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır.
  - Bu tür yarı iletkenler yukarıda belirtildiği gibi ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hâle geçirildiği gibi içlerine bazı özel maddeler katılarak da iletkenlikleri artırılmaktadır.
  - Katkı maddeleriyle iletkenlikleri artırılan yarı iletkenlerin elektronikte ayrı bir yeri vardır. Bunun nedeni Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi elektronik devre elemanlarının üretiminde kullanılmalarıdır.

Elektroniğin iki temel elemanı olan diyot ve transistörlerin üretiminde kullanılan germanyum (Ge) ve silikon (Si) yarı iletkenleri gelecek bölümde daha geniş olarak incelenecektir.

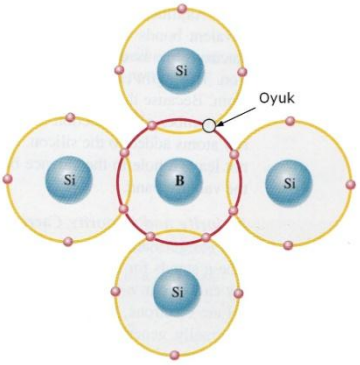
ADI	KULLANILMA YERİ
Germanyum (Ge) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Silikon (Si) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Selenyum (Se) (Basit eleman)	Diyot
Bakır oksit (kuproksit) (CuO) (Bileşik eleman)	Diyot
Galliyum arsenid (GaAs) (Bileşik eleman)	Tünel diyot, laser, fotodiyot, LED
Indiyum fosfür (InP) (Bileşik eleman)	Diyot, transistör
Kurşun sülfür (PbS) (Bileşik eleman)	Güneş pili (fotosel)

Çizelge 4.1: Elektronikte yararlanılan yarı iletkenler ve kullanılma yerleri



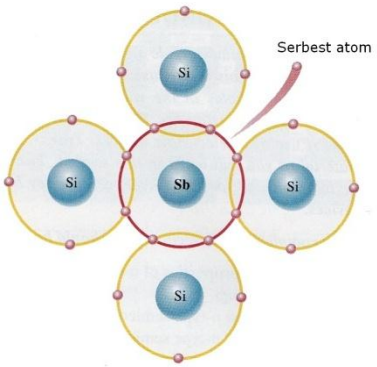
Şekil 4.3: Silisyum ve germanyum atomu

4.2. P ve N Tipi Yarı İletkenler



Şekil 4.4: Oyuğun oluşması

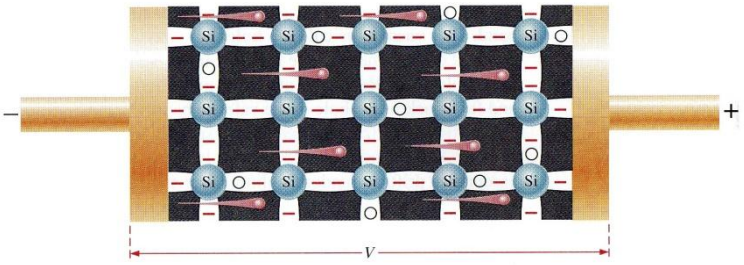
Bor maddesinin de valans yörüngesinde 3 adet elektron bulunmaktadır. Silisyum maddesine bor maddesi enjekte edildiğinde atomların kurduğu kovalent bağlardan bir elektronluk eksiklik kalır. Bu eksikliğe oyuk adı verilir (Şekil 4.4). Bu elektron eksikliği, karışıma pozitif madde özelliği kazandırır. P tipi maddeye bir gerilim kaynağı bağlandığında kaynağın negatif kutbundaki elektronlar p tipi maddedeki oyukları doldurarak kaynağın pozitif kutbuna doğru ilerler. Elektronlar pozitif kutba doğru ilerlerken oyuklarda elektronların ters yönünde hareket etmiş olur. Bu kaynağın pozitif kutbundan negatif kutbuna doğru bir oyuk hareketi sağlar.



Şekil 4.5: Oyuğun oluşması

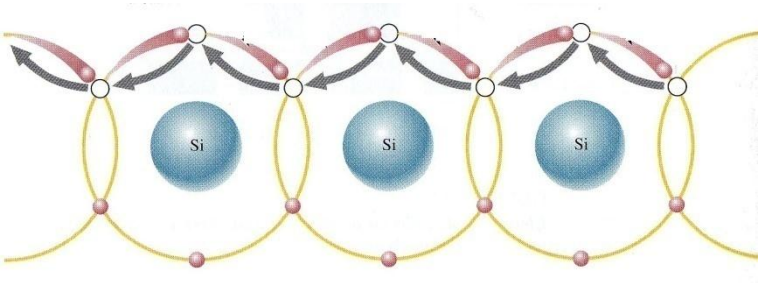
Arsenik maddesinin atomlarının valans yörüngelerinde 5 adet elektron bulunur. Silisyum ile arsenik maddeleri birleştirildiğinde arsenik ile silisyum atomlarının kurdukları kovalent bağdan arsenik atomunun 1 elektronu açıkta kalır. Yukarıda Şekil 4.5'te açıkta kalan elektronu görebilirsiniz. Bu sayede birleşimde milyonlarca elektron serbest kalmış olur. Bu da birleşime negatif madde özelliği kazandırır. N tipi madde bir gerilim kaynağına bağlandığında üzerindeki serbest elektronlar kaynağın negatif kutbundan itilip pozitif kutbundan çekilirler ve gerilim kaynağının negatif kutbundan pozitif kutbuna doğru bir elektron akışı başlar.

4.3. P ve N Tipi Yarı İletkenlerde Elektron ve Oyuk Hareketi



Şekil 4.6: Elektron hareketi

N tipi yarı iletken kristaline gerilim uygulandığında kristal içerisindeki serbest elektronlar, Şekil 4.6'da görüldüğü gibi gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme kuvveti ve negatif kutbunun da itme kuvveti etkisiyle kaynağın pozitif (+) kutbuna doğru akar. Bu arada kaynağın negatif (-) kutbundan çıkan elektronlar da kristale doğru hareket eder.



Şekil 4.7: Oyuk hareketi

Pozitif elektrik yükü (oyuk) bir elektron gibi hareket etmemektedir. Ancak anlatım kolaylığı bakımından hareket ettiği kabul edilmiştir. Katkı maddesi yokken Ge ve Si atomlarının kovalent bağlarını kırarak bir elektronunu almak çok zor olduğu hâlde, katkı maddesi bu işlemi kolaylaştırmaktadır. Gerilim uygulandığında akım iletimi sağlanmaktadır.P tipi bir kristale gerilim kaynağı bağlandığında Şekil 4.7'deki gelişmeler olmaktadır.

1. Durum: Kaynağın pozitif kutbuna yakın bulunan ve bir elektronunu katkı maddesine vererek "+" elektrik yüklü hâle gelmiş olan Ge ve Si atomu, kaynağında çekme kuvveti yardımıyla bir sonraki atomun kovalent bağını kırarak 1 elektronunu alır. Ancak dengesi bozulmuş olan atom bu elektronu sıkı tutamayacağından kaynağın pozitif kutbunun çekme kuvveti etkisine kapılan elektron atomdan ayrılarak kaynağa doğru hareket eder.

2. Durum: Bir elektronunu kaybeden ikinci atom da ondan sonraki atomun elektronunu alır.

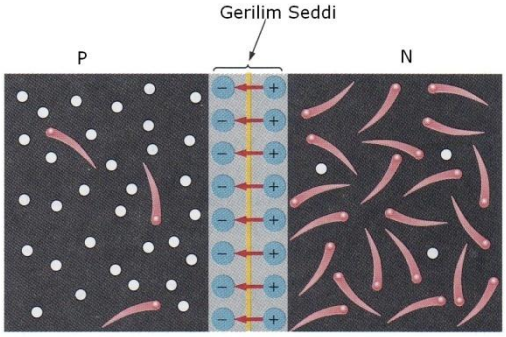
3. Durum: Böylece elektron bir atomdan diğerine geçecek ve son atom da kaybettiği elektronu kaynağın negatif kutbundan alacaktır.

4. Durum: Tekrar birinci duruma dönülmekte ve olay devam etmektedir.

Sıra ile bir elektronu kaybeden her bir atom, pozitif elektrik yüklü hâle geldiğinden pozitif elektron yükü (oyuk) hareket ediyormuş gibi olmaktadır. Her ne kadar pozitif elektrik yükü yani bu yükü taşıyan atom, elektron gibi bir noktadan kalkıp diğerine doğru hareket edemese de art arda oluşan "+" elektrik yüklü atomlar, "+" elektrik yükünün (oyuğun) hareket ettiği görüntüsünü vermektedir. Böyle bir açıklama şekli, diyotların ve transistörlerin çalışma prensibini daha kısa yoldan anlatımını sağlamaktadır. Elektronların atomdan atoma geçişi, hareket hızını düşürdüğünden P tipi kristaldeki akım hızı N tipine göre daha yavaştır.

4.4. P-N Yüzey Birleşmesi

4.4.1. Polarmasız P-N Yüzey Birleşmesi



Şekil 4.8: Polarmasız P-N yüzey birleşmesi

Şekil 4.8'den takip edilirse N tipi kristalin birleşme yüzeyine yakın kısmındaki serbest elektronlar, P tipi kristaldeki pozitif (+) elektrik yüklerinin yani pozitif elektrik yüklü atomların, çekme kuvveti etkisiyle birleşme yüzeyini geçerek bu yüzeye yakın atomlardaki elektron boşluklarını doldurur ve kovalent bağ kurarak P kristali içerisinde nötr (etkimesiz) bir bölge oluşturur. N tipi kristalin belirli bir bölümündeki elektronların tamamı P tipi kristale geçtiğinden N tarafında da nötr bir bölge oluşur. P kristali nötr bölgesinin gerisinde kalan pozitif elektrik yüklü atomların çekme kuvveti, N tipi kristalin nötr bölgesinin öbür tarafında kalmış olan elektronları çekmeye yetmeyeceğinden belirli bir geçişten sonra elektron akışı duracaktır.

Sonuçta, birleşme yüzeyinin (jonksiyonun) iki tarafında hareketli elektriksel yükü bulunmayan bir boşluk bölgesi oluşur.

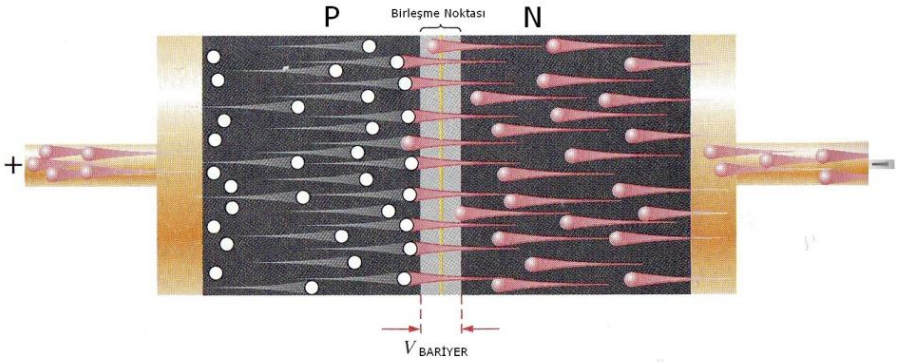
4.4.2. Polarmalı P-N Yüzey Birleşmesi

Gerilim uygulanmış olan diyoda polarmalı diyot denir. Yapılan işleme de diyodun polarılması denir. "Polarma"nın Türkçe karşılığı "kutuplandırma"dır yani gerilim kaynağının "+" ve "-" kutuplarının bağlanmasıdır. Gerilim kaynağının bağlanış şekline göre polarma şu iki şekilde olur:

- Doğru polarma
- Ters polarma

4.4.3. Doğru Polarma

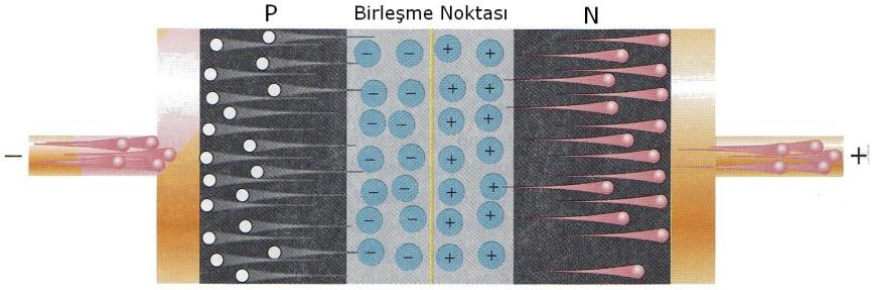
Gerilim kaynağının akım akıtacak yönde bağlanmasına doğru polarma denir. Doğru polarmada Şekil 4.9'da görüldüğü gibi gerilim kaynağının pozitif (+) kutbu diyodun anoduna (P bölgesi), negatif (-) kutbu diyodun katoduna (N bölgesi) bağlanır. Diyodun uçları arasındaki gerilim için de "polarma" veya "polarizasyon" gerilimi deyimleri kullanılır.



Şekil 4.9: Doğru polarma

Şekil 4.9'dan da anlaşılacağı gibi doğru yönde polarılmış diyotta N bölgesindeki serbest elektronlar, gerilim kaynağının negatif kutbu tarafından itilir, pozitif kutbu tarafından çekilir. Benzer şekilde, P bölgesi pozitif elektrik yükleri de kaynağın pozitif kutbu tarafından itilir, negatif kutbu tarafından çekilir. Bu sırada pozitif elektrik yüklerinin tersi yönde hareket eden elektronlar da, P bölgesinden çıkarak kaynağın pozitif (+) kutbuna doğru akar. P bölgesinden kaynağa giden her elektrona karşılık kaynağın negatif kutbundan çıkan bir elektron da N bölgesine gelir. Böylece devrede bir akım doğar.

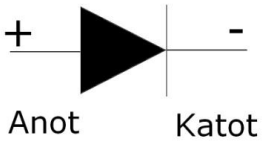
4.4.4. Ters Polarma



Şekil 4.10: Ters polarma

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi gerilim kaynağının negatif (-) ucu diyodun anoduna (P tarafına) yani + ucuna; gerilim kaynağının pozitif (+) ucu ise diyodun katot (N) yani (-) ucuna gelecek şekilde bağlantı yapılırsa diyot çok büyük bir direnç gösterecek ve akım akışına engel olacaktır. Ancak çok küçük bir kaçak akım akar. Bu hâlde diyot ters polarmalıdır veya ters bağlantılıdır denir. Büyük direnç yönüne de diyodun ters yönü adı verilmektedir.

4.5. Diyodun Tanımı ve Yapısı



Şekil 4.11: Diyot sembolü

Diyot, basit olarak tek yönlü akım geçiren yarı iletken, iki uçlu bir devre elemanıdır (Şekil 4.11). Bu iki uç anot (A), katot (K) uçlarıdır. Burada anoda artı, katoda eksi uçlar bağlanarak gerilim verilirse diyot doğru polarize olur ve bir akım akmaya başlar. Ters yönde bağlanırsa (anot eksi, katot artı) bir akım geçişi olmaz. Buna ters polarizasyon denir. Ters polarizasyon yöntemi sadece bazı özel diyotlarda uygulanır.

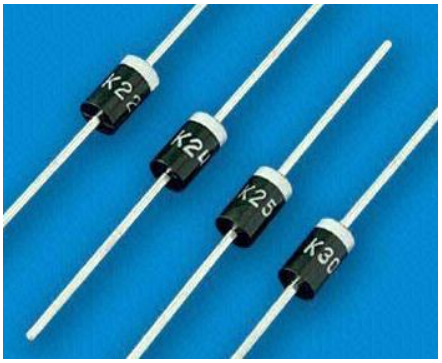
Diyotlar genel olarak "D" harfi ile gösterilir. Germanyum ve silisyum tipi maddelerden yapılmıştır. Germanyum tipi diyotlar anahtarlama ve dedektör olarak kullanılır. İletime geçme gerilimleri 0,2-0,3 V arasıdır. Silisyum tipi diyotlar ise doğrulma devrelerinde (AC'yi DC'ye çevirmek için) kullanılır. İletime geçme gerilimleri 0,6-0,7 V arasıdır. Diyoda ters polarizasyonda zamanla artan bir gerilim verilirse belli bir zaman sonra diyot yanar, delinir veya kısa devre olur. Bundan sonra diyottan çok büyük akım geçmeye başlar.

4.5.1. Çeşitleri

Diyotların gelişen teknoloji ile beraber çeşitliliği ve kullanımı artmıştır. Modülümüzde sadece kristal diyotlar, zener diyotlar, foto diyotlar ve ışık yayan diyotlar anlatılacaktır.

4.5.2. Kristal (Doğrultma Diyotları) Diyotlar

Kristal diyotlar genellikle doğrultmaç diyotları olarak anılır ve doğrultmaç devrelerinde kullanılır. Piyasada en çok kullanılan diyotlardan biri doğrultmaç diyotlardır. Ebatları güçlerine göre değişir. Büyük ebatta yapılanlar büyük güçlüdür. Çok yüksek güçte yapılanların dış muhafazası metal olup soğutucu plakalara monte edilir. Sembolü Şekil 4.11'de verilmiştir.

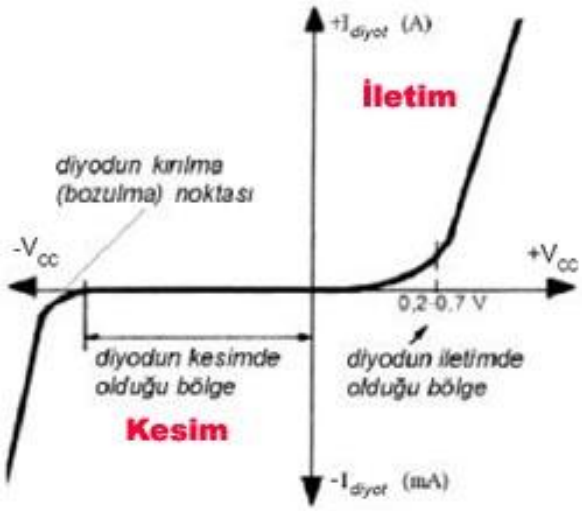


Resim 4.1: Diyot dış görünüşü

Germanyum güç diyodunun maksimum çalışma sıcaklığı 75 ^{0}C kadardır. Silisyum güç diyotları yüksek sıcaklıklara dayanabilir. Bu yüzden üzerinden yüksek akım geçirilebilir. Silisyum diyotların maksimum dayanma sıcaklığı 175 ^{0}C civarındadır. Bu yüzden güç diyotları soğutucu plaka üzerine monte edilmelidir. Diyotlarda iki şeye dikkat edilmelidir. Aksi takdirde diyot bozulur (Kısa devre olur.).

- Ters dayanma geriliminin üzerine çıkılmamalıdır.
- Maksimum taşıma akımından daha fazla akım çekilmemelidir.

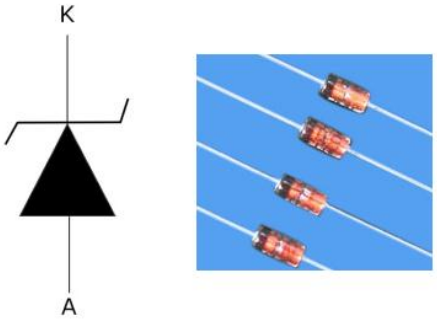
Aşağıda kristal diyodun karakteristik eğrisi görülmektedir.



Şekil 4.12: Diyot karakteristik eğrisi

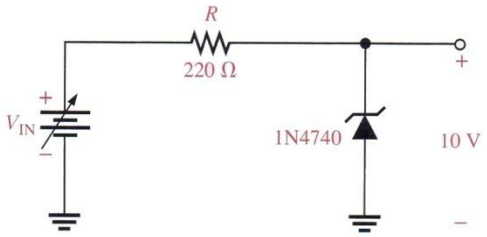
Doğrultucu diyotların yüksek akımlı olanlarına güç diyotları denir. Güç diyotlarının çoğu daha yüksek akım ve sıcaklık değerlerinden dolayı silisyumdan yapılmaktadır. Diyotların akım kapasitesi diyotları paralel bağlayarak ters tepe dayanma gerilimleri ise diyotları seri bağlayarak artırabilir. Güç diyotları oluşan aşırı akım ve ısı nedenlerinden dolayı soğutucu üzerine monte edilmektedir.

4.5.3. Zener Diyotlar



Resim 4.2: Zener diyot ve sembolü

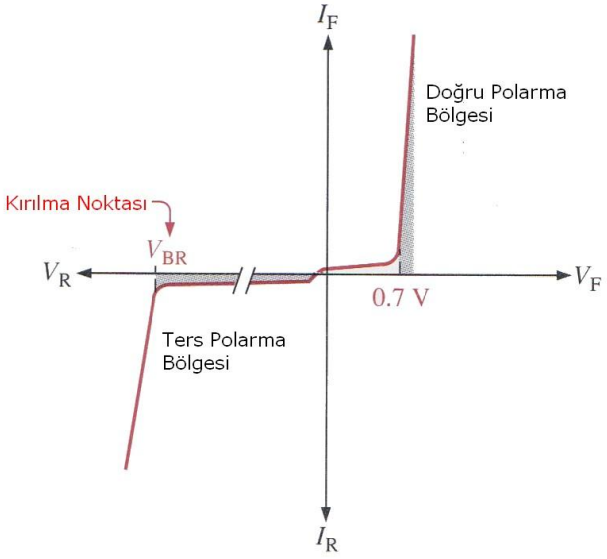
Zener diyotlar, diyota uygulanan gerilimin belirli değere ulaşması hâlinde, ters yönde akım geçirmesi prensibine göre imal edilmiştir. Zener diyot sembolü Şekil 4.2'te gösterilmiştir. Devrede ters polarmalandırılacak şekilde kullanılır. Uçlarına uygulanan gerilim (V) değişse de zener gerilimi (Vz) daima sabit kalır. Bunun için Vgiriş ≥ Vz olmalıdır. Aksi takdirde gerilim Vz'ye ulaşamazsa zener akım geçirmez (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: Zener diyot uygulama devresi

Zener bölgesinin özelliği, katkılama oranının değiştirilerek ayarlanmasıdır. Katkılama oranında artış yapılırsa zener potansiyeli düşer. Zener potansiyeli 2,4 V arasında bulunan ve 1/4 ile 50W arasında değişen güç değerine sahip zener diyotlar üretilmektedir. Zener diyotların yapısında daha yüksek sıcaklık ve akım kapasitesi nedeniyle genellikle silisyum kullanılır.

Çalışma ortamı sıcaklığı arttıkça zener gerilimi küçülür. Zener diyotlar uçlarındaki gerilimi sabit tutma özelliklerinden dolayı genellikle regüle devrelerinde kullanılır. Zener diyotlar doğru polarlamalandırılırsa normal diyot gibi çalışır. Zener diyodun karakteristik eğrisi Şekil 4.14'da gösterilmektedir.

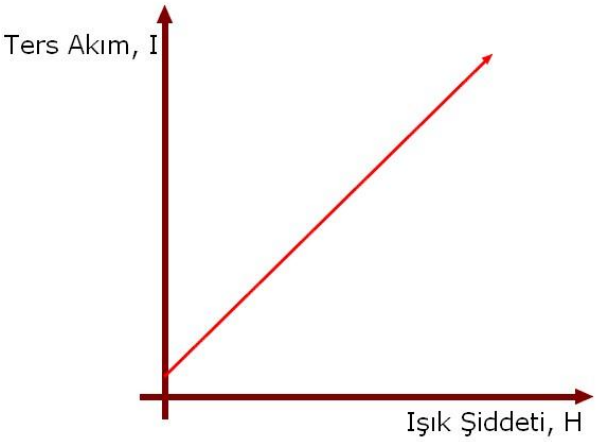


Şekil 4.14: Zener diyot karakteristik eğrisi

4.5.4. Foto Diyotlar

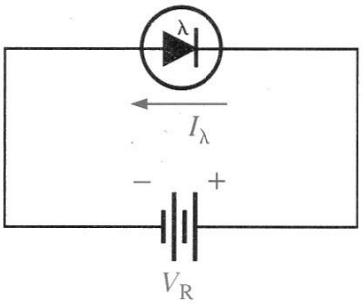
Şekil 4.15: Foto diyot sembolü

Üzerine ışık düştüğünde iletken olarak katot ucundan anot ucuna doğru akım geçiren elemanlardır. Foto diyotlar doğrultmaç diyotlarına benzer. Tek fark Şekil 4.15'te görüldüğü gibi foto diyotların birleşim yüzeyinin aydınlatılabiliyor olmasıdır. Bu elemanlar devreye ters bağlanır ve ışık ile ters yöndeki sızıntı akımlarının artması suretiyle kontrol yapar. Bu kontrol, ışıkla yarı iletkenin kristal yapısındaki bağların bazı noktalarında kopması sonucu elektron ve oyukların hareketiyle doğan akım ile çoğalmasıyla olur.



Şekil 4.16: Foto diyot akım-ışık eğrisi

Şekil 4.16'da ışığa bağlı olarak foto diyotlardan ters yönde geçen akımın değişim eğrisi verilmiştir. Foto diyotlarda mercekli kısma gelen ışığa göre katottan anoda doğru akan düşük değerli akım değişir. Geçen akım, ışığın şiddetine bağlı olarak 100 mA ila 150 mA, gerilim ise 0,14 ila 0,15 volt arasında değişmekte olup çok küçüktür. Foto diyotların çalışma hızı son derece yüksektir (yaklaşık 1 nsn. ila 0,2 msn.). Bu hızlı davranışları ve boyutlarının küçük olması sayesinde fiber optik kabloyla veri iletiminde kullanılmaktadır.



Şekil 4.17: Foto diyodun devreye bağlanışı

Foto diyotlar enfraruj ışınlara karşı da duyarlıdır. Bunu sağlamak için diyodun gövdesindeki alıcı kısmın merceği renkli cam ya da plastikten yapılarak normal ışınların etkide bulunması önlenir. Foto diyotlar, ışık ölçüm aygıtlarında, ışık dedektörlerinde, elektronik alarm düzeneklerinde, elektronik flaşlarda, optokuplörlerde vb. kullanılır.

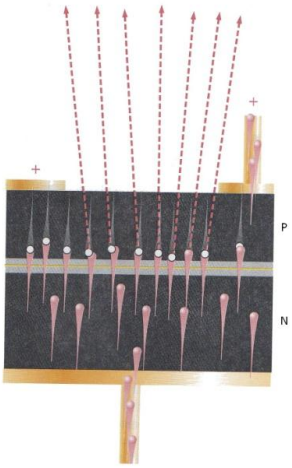
4.5.5. Işık Yayan Diyotlar

Işık yayan diyotlar LED'ler ve enfraruj diyotlar olarak iki başlık altında incelenecektir.

4.5.5.1. LED'ler

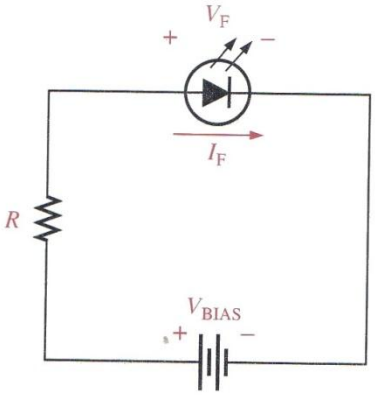
Resim 4.3: LED diyot ve sembolü

Işık yayan flamansız yarı iletken (diyot) lambalara LED (light emitting diode, ışık yayan diyod, solid state lamp) denir (Resim 4.3). Bu elemanlar çeşitli boyutlarda (1-1,9-2-2,1-3-5-10 mm vb.) üretilir. 2-20 mA gibi çok az bir akımla çalıştıklarından ve sarsıntılara dayanıklı olduklarından her türlü elektronik devrede karşımıza çıkar. Işık, bir yarı iletkende, P tipi madde içine enjekte edilen bir elektronun oyukla birleşmesi ya da N tipi madde içine enjekte edilen bir oyuğun elektronla birleşmesi sonucunda oluşur. Bu olaydaki temel esas, elektronların enerji kaybının ışıma olarak ortaya çıkmasıdır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: LED diyot iç yapısı

LED'lerin yaydığı ışınların renkleri kırmızı, sarı, yeşil, turuncu, mavi, pembe vb.dir. Bunlardan kırmızı LED en yüksek verimli olan tiptir. Ayrıca LED'ler normal koşullarda yaklaşık 100.000 saat boyunca ışık verebilir. LED diyotların yapısında kullanılan galyum arsenik (GaAs), galyum arsenik fosfat (GaAsP), galyum fosfat (GaP), çinko, nitrojen vb. gibi maddelere göre ortaya çıkan ışığın rengi de farklı olmaktadır yani yarı iletken içine konan elementler LED'in yaydığı ışığın rengini belirlemektedir. Yeşil renk veren LED'lerin içinde nitrojen bulunmaktadır. Nitrojen miktarı artırıldıkça ışık sarı olmaktadır. Kırmızı renk elde etmek için ise çinko ve oksijen kullanılmaktadır.



Şekil 4.19: LED devreye bağlanışı

Kırmızı LED en az 1,5 - 1,6 volt ile çalışırken turuncu 1,7 volt, sarı 1,8 volt, yeşil 2,2 - 2,4 voltta ışık yaymaya başlar. Yaklaşık 2,5 ile 4 volttan yüksek gerilimler LED'lerde bozucu etki yapar. LED'lerde uzun ayak anot, kısa bacak katottur. Yüksek DC gerilimlere bağlanacak LED'lere seri olarak ön direnç bağlanır. LED'e bağlanması gereken direncin değeri:

Rseri = (Besleme gerilimi - LED gerilimi)/LED akımı
(Pratikte LED akımı 10mA ile 20mA arasında bir değer seçilir.)

Resim 4.4: Analog devre elemanları

Üç renkli LED'lerde katot ucu ortak kullanılmak üzere toplam üç bacak bulunur. Bu tür LED'ler şekilde görüldüğü gibi yeşil ve kırmızı olmak üzere iki adet LED birleşiminden oluşsa da yeşil ve kırmızı bir arada kullanıldığında sarı renk de oluşacağından üç renkli LED olarak anılır.

Şekil 4.20: Üç renk LED diyot ayak bağlantısı

Şekilde A_1 ve A_2 uçları anotları ifade ederken K ise katodu simgeler. Şekle dikkat edilirse üç renkli LED'lerde bacak uzunluğu sıralaması katot, A_1 ve A_2dir. Bu tür diyotlarda sadece A_1 ve K arasına ya da sadece A_2 ve K arasına enerji verilebileceği gibi tüm bacaklara aynı anda da verilebilir. A_1 ve K arasına enerji uygulandığında kırmızı renk oluşurken A_2 ve K arasına enerji uygulandığında yeşil renk oluşur. Bu özelliklerinden dolayı üç renkli LED'ler genellikle kontrol sistemlerinde ON/OFF durumunu belirtmek amacıyla kullanılır (Şekil 4.20).

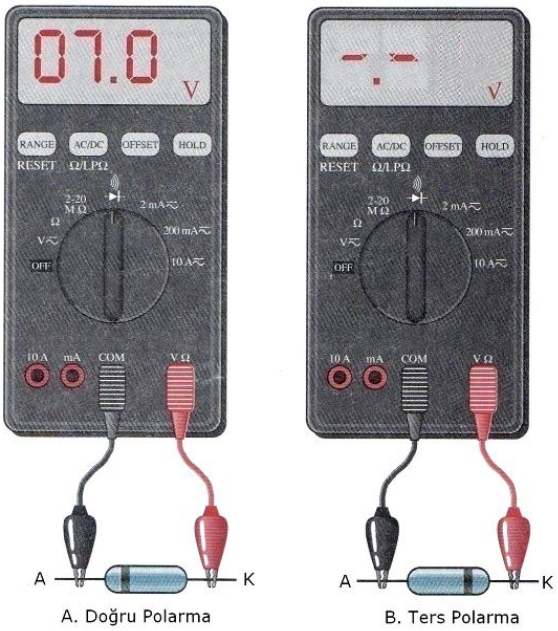
4.5.5.2. Enfraruj Diyotlar

Galyum arsenit yarı iletken maddeden yapılan, doğru polarma altında çalışarak ışık yayan diyot çeşidine enfraruj diyot denir. Yarı iletkenlere çeşitli maddeler eklenerek insan gözünün göremeyeceği frekanslarda (kızıl ötesi) ışık yayan LED elde edilmiştir. PN birleş-

mesiyle elde edilen infrared LED'lere doğru polarma uygulandığında foton adı verilen birbirinden ayrı paketler hâlinde ışık enerjisi yayar. Dış görünüm olarak LED diyotlara benzeyen enfraruj diyotlar en çok uzaktan kumanda (TV, video, müzik seti, otomatik çalıştırılan endüstriyel makineler vb.) sistemlerinde kullanılır.

4.6. Analog-Dijital Ölçü Aletiyle Diyodun Sağlamlık Kontrolü

Avometre Şekil 4.21'te gösterilen yarı iletken ölçümleri kademesine alınır. Eğer analog avometre kulanıyorsak ohm (Ω) kademesine alınır. Ölçü aletinin propları diyot uçlarına değdirilir. Ölçü aletinin değer gösterip göstermediğine bakılır. Uçlar yer değiştirilir ve işlem tekrarlanır. İşlemlerin sadece birinde ölçü aleti değer gösteriyorsa diyot sağlamdır. Değer gösterdiği durumda dijital ölçü aletinin (+) probuna bağlı diyot ucu anot, (-) probuna bağlı uç katottur. Analog ölçü aletinde diyot uçları proplara göre tam ters olarak isimlendirilir. Ölçü aletinde okunan değer diyodun eşik gerilimidir. Her iki durumda da değer gösteriyorsa (diyot kısa devre) veya göstermiyorsa (diyot açık devre) bozuktur.



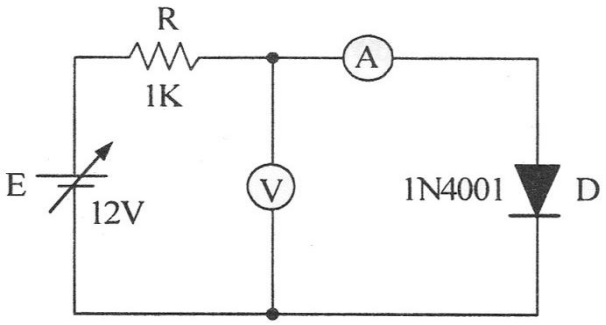
Şekil 4.21: Dijital avometre ile diyot sağlamlık kontrolü

4.7. Analog-Dijital Ölçü Aletleriyle Diyodun Uçlarının Bulunması

Avometre Şekil 4.21'te gösterilen yarı iletken ölçümleri kademesine alınır. Eğer analog avometre kulanıyorsak ohm (Ω) kademesine alınır. Ölçü aletinin propları diyot uçlarına değdirilir. Ölçü aletinin değer gösterip göstermediğine bakılır. Uçlar yer değiştirilir ve işlem tekrarlanır. İşlemlerin sadece birinde ölçü aleti değer gösteriyorsa diyot sağlamdır. Değer gösterdiği durumda dijital ölçü aletinin (+) probuna bağlı diyot ucu anot, (-) probuna bağlı uç katottur.

4.8. Diyot Uygulamaları

4.8.1. Kristal Diyot Doğru ve Ters Polarma Karakteristiğinin Çıkarılması



Şekil 4.22: Kristal diyot doğru ve ters polarma karakteristik deneyi

İşlem basamakları:

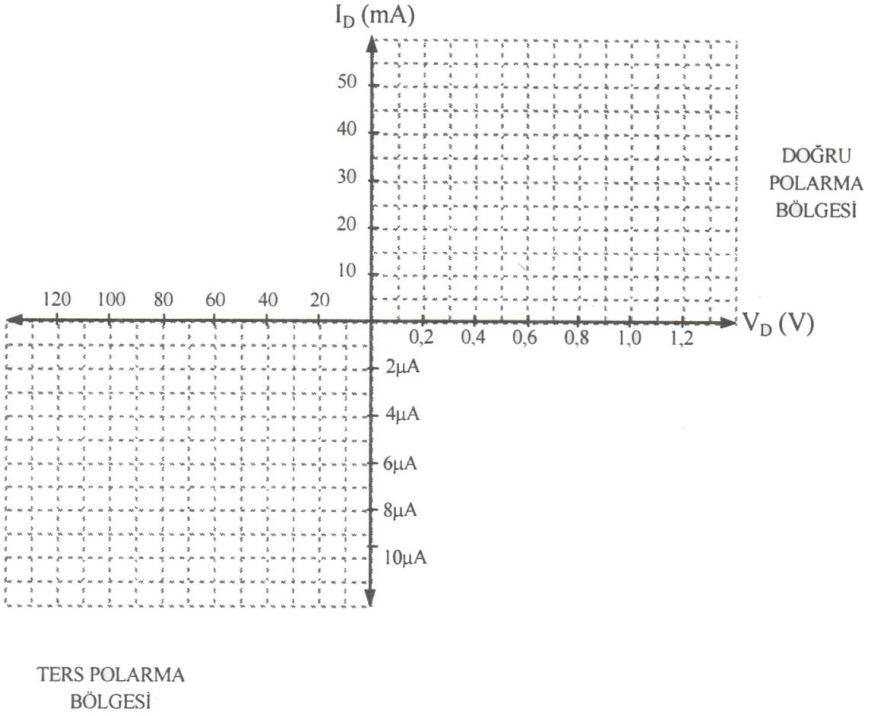
- Şekil 4.22'daki devreyi kurarak enerji veriniz (Bu devre ile diyodun doğru yön karakteristiği çıkarılır.).
- Ayarlı güç kaynağını tabloda belirtilen gerilim değerlerine göre değiştirerek her bir kademe için diyot uçlarındaki gerilimi ve bu değere karşılık gelen ampermetrede okuduğunuz akım değerini aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Güç Kaynağı (V)	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Voltmetre (V)																
Ampermetre (mA)																

- Elde ettiğiniz akım ve gerilim değerlerini boş olarak verilen grafiğe taşıyınız. Her bir gerilim değerine karşılık gelen akım değerinin kesiştiği noktayı işaretleyiniz. Sıfırdan başlayarak noktaları birleştirmek suretiyle diyodun doğru yön karakteristiğini çiziniz (grafiğin sağ üst kısmı).
- Devredeki diyodun yönünü ters çeviriniz. Ayarlı güç kaynağını tabloda belirtilen gerilim değerine ayarlayarak bu değerlere karşılık gelen diyot üzerindeki voltmetrenin gösterdiği gerilim değerlerini ve ampermetrede okuduğunuz akım değerlerini tabloya kaydediniz (Bu devre ile diyodun doğru yön karakteristiği çıkarılır.).

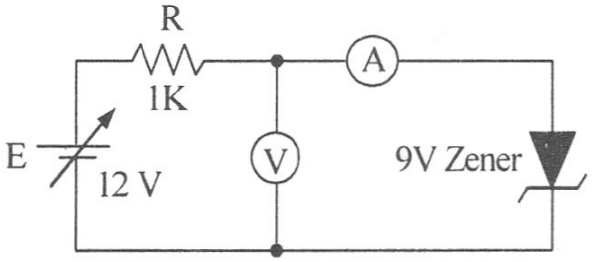
Güç Kaynağı (V)	20	40	60	80	100	120
Voltmetre (V)						
Ampermetre (mA)						

- Elde ettiğiniz akım ve gerilim değerlerini boş olarak verilen grafiğe taşıyınız. Her bir gerilim değerine karşılık gelen akım değerinin kesiştiği noktayı işaretleyiniz. Sıfırdan başlayarak noktaları birleştirmek suretiyle diyodun ters yön karakteristiğini çiziniz (grafiğin sol alt kısmı).



Şekil 4.23: Diyodun karakteristik tablosu

4.8.2. Zener Diyot Doğru ve Ters Polarma Karakteristiğinin Çıkarılması



Şekil 4.24: Zener diyot doğru ve ters polarma karakteristik deneyi

İşlem basamakları:

- Şekil 4.24'deki devreyi kurarak enerji veriniz (Bu devre ile zener diyodun doğru yön karakteristiği çıkarılır.).

- Ayarlı güç kaynağını tabloda belirtilen gerilim değerlerine göre değiştirerek her bir kademe için diyot uçlarındaki gerilimi ve bu değere karşılık gelen ampermetrede okuduğunuz akım değerini aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Güç Kaynağı (V)	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Voltmetre (V)																
Ampermetre (mA)																

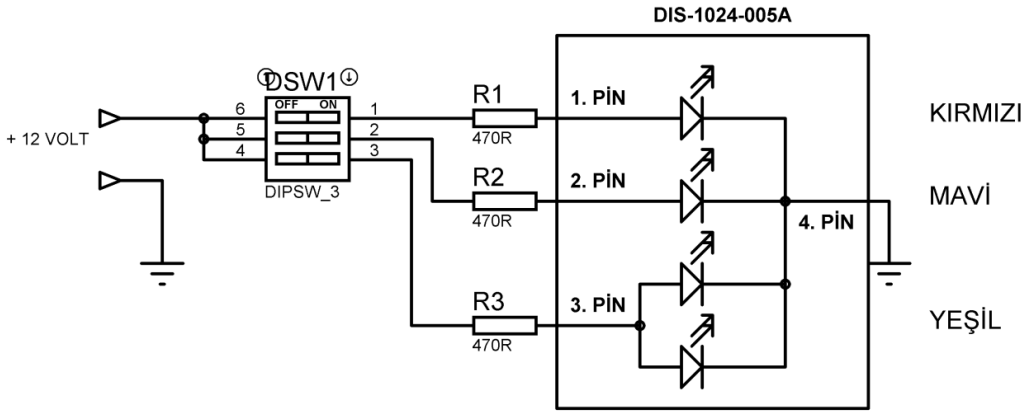
- Elde ettiğiniz akım ve gerilim değerlerini boş olarak verilen grafiğe taşıyınız. Her bir gerilim değerine karşılık gelen akım değerinin kesiştiği noktayı işaretleyiniz. Sıfırdan başlayarak noktaları birleştirmek suretiyle diyodun doğru yön karakteristiğini çiziniz (grafiğin sağ üst kısmı).
- Devredeki zener diyodun yönünü ters çeviriniz. Ayarlı güç kaynağını tabloda belirtilen gerilim değerine ayarlayarak bu değerlere karşılık gelen diyot üzerindeki voltmetrenin gösterdiği gerilim değerlerini ve ampermetrede okuduğunuz akım değerlerini tabloya kaydediniz (Bu devre ile diyodun doğru yön karakteristiği çıkarılır.).

Güç Kaynağı (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Voltmetre (V)												
Ampermetre (mA)												

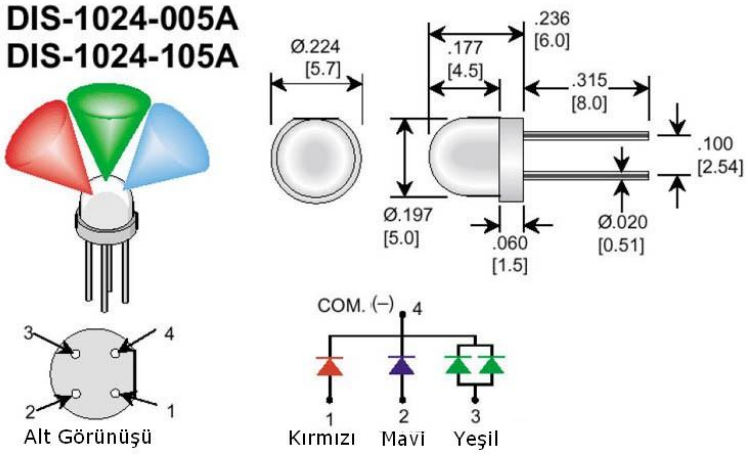
- Elde ettiğiniz akım ve gerilim değerlerini boş olarak verilen grafiğe taşıyınız. Her bir gerilim değerine karşılık gelen akım değerinin kesiştiği noktayı işaretleyiniz. Sıfırdan başlayarak noktaları birleştirmek suretiyle diyodun ters yön karakteristiğini çiziniz (grafiğin sol alt kısmı).

4.8.3. Üç Renkli LED Uygulaması

Üç renkli LED'ler genellikle RGB LED olarak isimlendirilmektedir. Şekil 4.25'te bir RGB LED uygulaması verilmiştir. DSW1 anahtarı yardımı ile renkler ayrı ayrı görüleceği gibi renklerin karışımı da görülebilir. RGB LED'in ayak bağlantısını yaparken Şekil 4.26 dikkate alınmalıdır. Kesinlikle LED'ler direnç ile kullanılmalıdır.



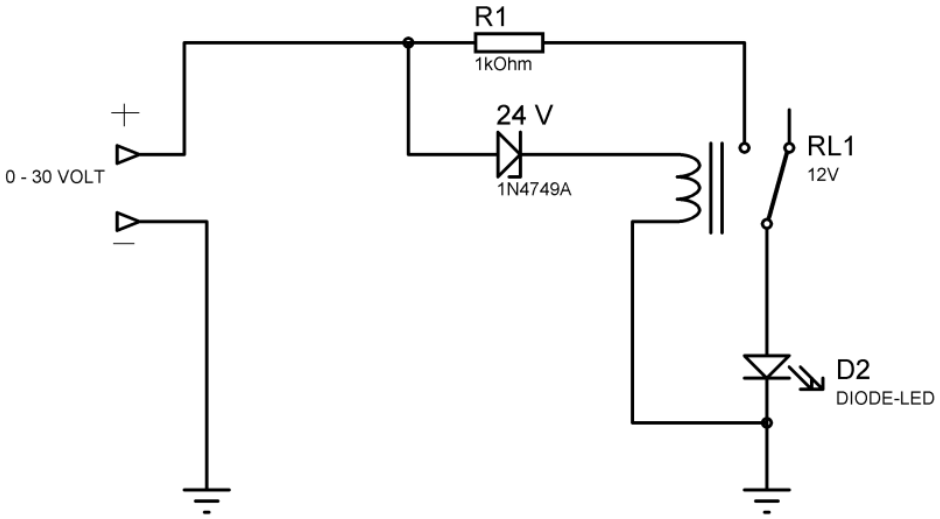
Şekil 4.25: RGB LED uygulaması



Şekil 4.26: RGB LED ayak bağlantısı

4.8.4. Zener Diyot Uygulaması

Şekil 4.27'deki devre 12 voltluk DC bir rölenin gerilimini 24 volta çıkarmak için kullanılmıştır. Giriş gerilimi sıfırdan başlayarak artırılır. 24 volta geldiğinde zener üzerinden akım akmaya başlar, röle bobini enerjilenir, LED ışık verir. Bu şekilde röle gerilimi artırılmış olur.



Şekil 4.27: Zener yardımı ile röle geriliminin yükseltilmesi

UYGULAMA FAALİYETİ

12 V gerilimde seri bir dirençle LED'in ışık vermesini istenirse ne kadarlık bir direnç bağlanmalıdır (LED gerilimi= 2 V, LED akımı=20mA)? Bulunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Ohm Kanunu'ndan direnç değerini belirleyiniz.	➢ R= (12 V – LED Gerilimi)/LED Akımı ➢ R= (12 V – 2)/20 mA ➢ R=500 Ω ➢ direnç bağlayınız.
➢ 500Ω'luk direnç ile LED'i seri bağlayarak gerilimi uygulayınız.	➢ 500 Ω'luk direnç bulunamazsa yakın değerli dirençler kullanabilir.
➢ Farklı gerilim değerleri için uygulamayı tekrarlayınız.	➢ LED'leri seri bağlayarak birden fazla LED'i aynı çalıştırabilirsiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Diyodun çeşidini belirleyebiliyor musunuz?		
2. Diyodun çalışma gerilimini belirleyebiliyor musunuz?		
3. Diyodun tipini belirleyebiliyor musunuz?		
4. Katalogları okuyabiliyor musunuz?		
5. Devre için uygun diyodu seçebiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Atomların en dış yörüngedeki elektronlarına ne ad verilir?
A) Nötron
B) Proton
C) Valans
D) İletken

2. Son yörüngede atom sayısı 4 olan atomlara ne denir?
A) Yarı iletken
B) İletken
C) Yalıtkan
D) Valans

3. Aşağıdaki maddelerin hangisi yarı iletken yapımında kullanılmaz?
A) Germanyum
B) Demir
C) Silisyum
D) Selenyum

4. Silisyum maddesine bor maddesi enjekte edildiğinde atomların kurduğu kovalent bağlardan bir elektronluk eksiklik kalır. Bu eksikliğe ne ad verilir?
A) Elektron
B) Oyuk
C) Negatif atom
D) Pozitif atom

5. Hangi diyot çeşiti doğultmada kullanılır?
A) Kristal diyot
B) Zener diyot
C) LED
D) Foto diyot

6. Zener diyotlar için verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?
A) Ters polarmada çalışır.
B) Gerilimi sabitlemek amacıyla kullanılır.
C) Ters polarmada eşik noktası vardır.
D) Doğru polarmada kristal diyot gibi çalışır.

7. Enfraruj ışınlara karşı duyarlı diyot hangisidir?
A) Kristal diyot
B) Zener diyot
C) LED
D) Foto diyot

8. Diyot için verilen ifadelerden hansi yanlıştır?
A) Tek yönlü akım iletir.
B) Ters polarmada iletken değildir.
C) P ve N maddelerinde oluşur.
D) Direnci 1Ω'dur.

9. LED'e seri direnç bağlanmasının amacı nedir?
A) Akımı sınırlamak
B) Isıyı düşürmek
C) LED'in daha parlak ışık vermesine sağlamak
D) Gerilimi sabitlemek

10. Üzerine ışık düştüğünde iletken olarak katot ucundan anot ucuna doğru akım geçiren eleman hangisidir?
A) Kristal diyot
B) Zener diyot
C) LED
D) Foto diyot

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ–5

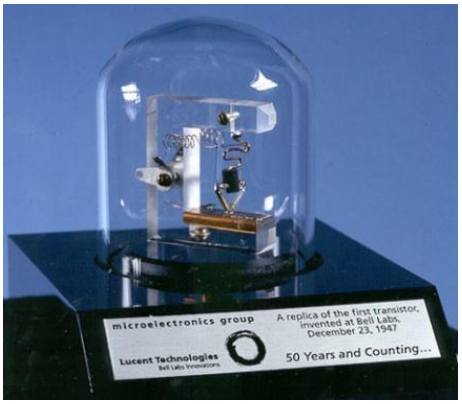
AMAÇ

Transistörlerin yapısını ve çeşitlerini tanıyarak transistörleri analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçebilecek, devrede kullanabilecek ve istenen özellikte transistör seçimini doğru olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Transistörlerin hangi amaçla kullanıldığını araştırınız.
- Farklı transistörler bularak dış yapılarını karşılaştırınız.

5. TEMEL YARI İLETKEN ELEMANLAR (TRANSİSTÖRLER)



Resim 5.1: İlk transistör

Yirminci yüzyılın en önemli buluşlarından biri olarak kabul edilen ve elektronik devrelerin can damarı olan transistörler, 1947 yılında icat edildi. Dünyanın en büyük telefon şirketi olan Bell kuruluşlarının araştırma laboratuvarlarında, Willian Shockley başkanlığında John Bardeen ve Walter Brattain'den oluşan ekip, teknolojide yepyeni bir çığır açan bu buluşlarından dolayı1956 yılında Nobel Ödülü'nü paylaştı.

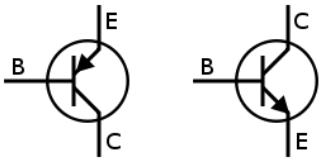
Bardeen ve Brattain, radyo ve telefon sinyallerinin alınmasında, güçlendirilmesinde ve yansıtılmasında kullanılan termiyonik kapaklara karşı bir seçenek bulmak için uğraşıyorlardı. Çabuk kırılabilen ve pahalıya mal olan bu lambaların ısınması için belirli bir sürenin geçmesi gerekiyordu. Ayrıca bir hayli de elektrik tüketiyordu.

Ekip ilk transistörü, ince bir germanyum tabakasından yaptı. 1947 Noel'inden iki gün önce bu transistör bir radyo devresine takıldı ve Brattain, defterine şu satırları yazdı : "Bu

devre gerçekten işe yarıyor. Çünkü ses düzeyinde hissedilir bir yükselme sağlandı." Transistör, tıpkı lamba gibi ses sinyalini güçlendiriyordu ama hem boyut olarak çok daha küçüktü hem de daha az enerjiye ihtiyaç duyuyordu.

Önceleri küçücük bir aygıtın o koca lambaların yerini alabileceğine pek az kimse inandı ama Shockley ve ekibi, dört yıl içinde büyük gelişmeler sağladı. 1952 yılında transistör orijinal boyutunun onda birine indirildi ve çok daha güçlendi. 1957'de yılda 30 milyon transistör üretilebilecek aşamaya gelindi. Bu alanda gelişmeler yine de sürdürüldü. Bilim adamları, germanyum tabakası yerine çok daha büyük sıcaklıklara dayanabilen silisyum kullanmaya başladılar. Akımı saniyenin 100 milyonda biri kadar kısa bir zamanda iletebilen transistörler imal edildi. Bunların sayesinde cep tipi hesap makineleri, dijital saatler yapıldı. Radyo ve TV alıcılarındaki lambaların yerini de transistörler aldı. Eğer bu küçük harika aygıtlar olmasaydı uydu haberleşmeleri, uzay araçları ve ayın insan tarafından fethi de mümkün olmayacaktı.

5.1. BJT Transistörler



Şekil 5.1: PNP ve NPN transistör sembolü

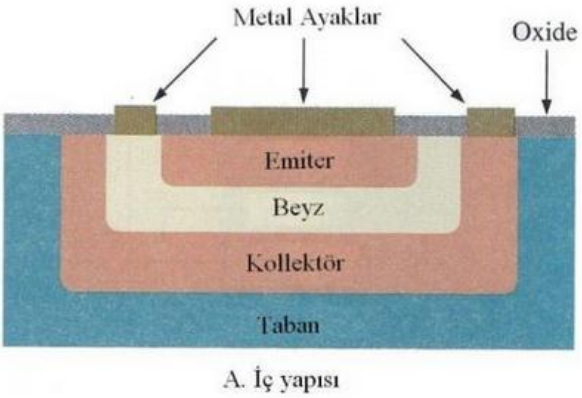
Transistör imalatında kullanılan yarı iletkenler, birbirlerine yüzey birleşimli olarak üretilmektedir. Bu nedenle "bipolar jonksiyon transistör" olarak adlandırılır. Bipolar transistörler de PNP ve NPN olarak iki tiptir. PNP tipinde base negatif emiter ve kollektör pozitif kristal yapısındadır. NPN tipinde ise base pozitif, emiter ve kollektör negatif kristal yapısındadır. İletimde olması için base, emittere göre daha pozitif olmalıdır. Buradaki gerilim farkı 0,7 (silisyum) – 0,3 (germanyum) volt veya daha fazla olmalıdır.

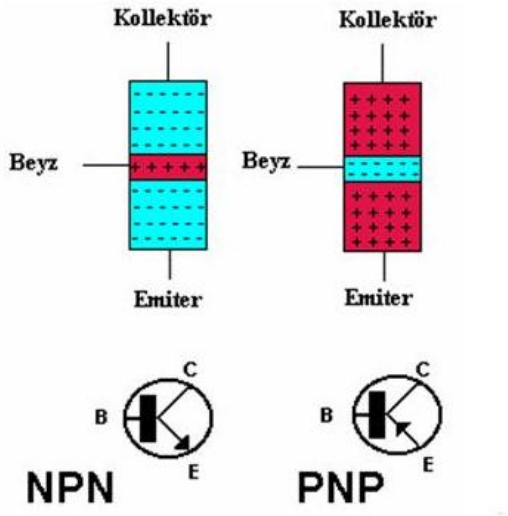
5.1.1. PNP ve NPN Tipi Transistörlerin Yapısı

Transistörün temel yapısı Resim 5.3'te gösterilmiştir. BJT transistörler katkılandırılmış P ve N tipi malzeme kullanılarak üretilir. Transistörler NPN ve PNP olmak üzere iki temel yapıda üretilir. NPN transistörde 2 adet N tipi yarı iletken madde arasına 1 adet P tipi yarı iletken madde konur. PNP tipi transistor de ise 2 adet P tipi yarı iletken madde arasına 1 adet N tipi yarı iletken madde konur. Dolayısıyla transistör 3 adet katmana veya terminale sahiptir. Transistörün her bir terminaline işlevlerinden ötürü; emiter (emitter), beyz (base) ve kolektör (collector) adları verilir. Bu terminaller genelde E, B ve C harfleri ile sembolize edilir.

- Emetör bölgesi (yayıcı): Akım taşıyıcıların harekete başladığı bölge
- Beyz bölgesi (taban): Transistörün çalışmasını etkileyen bölge
- Kollektör bölgesi (toplayıcı): Akım taşıyıcıların toplandığı bölge

Bu bölgelere irtibatlandırılan bağlantı iletkenleri de elektrot, ayak veya bağlantı ucu olarak tanımlanır.





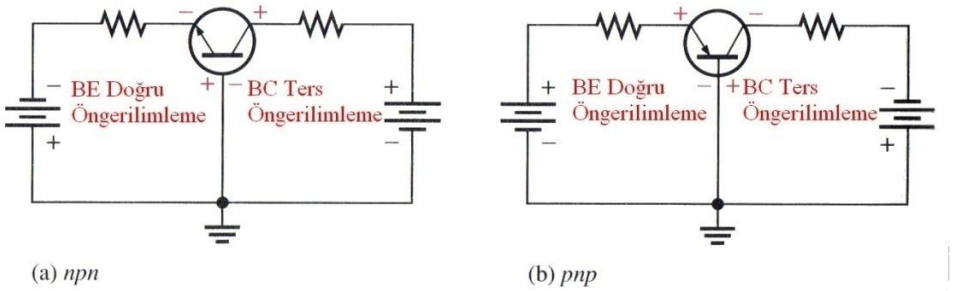
Şekil 5.2: PNP ve NPN transistörün iç yapısı

5.2. PNP ve NPN Tipi Transistörlerin Doğru ve Ters Yönde Polarmalandırması (Öngerilimleme)

Transistörün çalışmasını sağlayacak şekilde emiter, beyz ve kollektörünün belirli değerdeki ve işaretteki (±), DC gerilim ile beslenmesine transistörün kutuplanması (kutuplandırılması) denir.

N Tipi transistörün polarmalandırılması: NPN transistör iki diyodun yan yana gelmesi şeklinde düşünülür:

- "NP" Emiter - Beyz diyodu
- "PN" Beyz - Kollektör diyodu



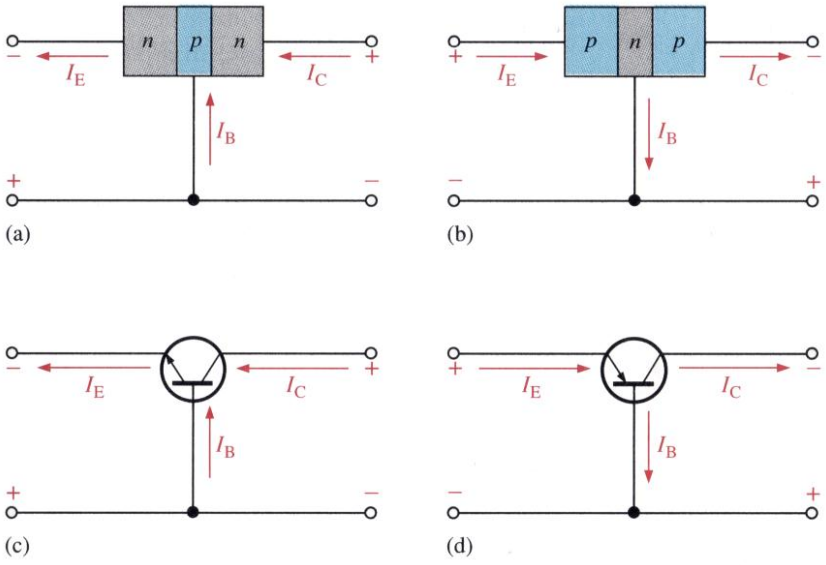
Şekil 5.3: PNP ve NPN polarmalandırılması

NPN veya PNP transistörü çalıştırabilmek için Şekil 5.3'te görüldüğü gibi polarmalandırılmalıdır.

- Emiter - Beyz diyodu doğru polarmalandırılır.
- Beyz - Kollektör diyodu ise ters polarmalandırılır.

5.3. PNP ve NPN Tipi Transistörlerde Akım ve Gerilim Yönleri

PNP ve NPN transistörlerin akım ve gerilim yönleri Şekil 5.4'te verilmiştir. I_E akımı, I_C+I_B'ye eşittir. Akım yönü artıdan eksiye doğrudur. Gerilim yönleri ise bir önceki bölümdeki öngerilimlendirmeye göre yapılmalıdır.

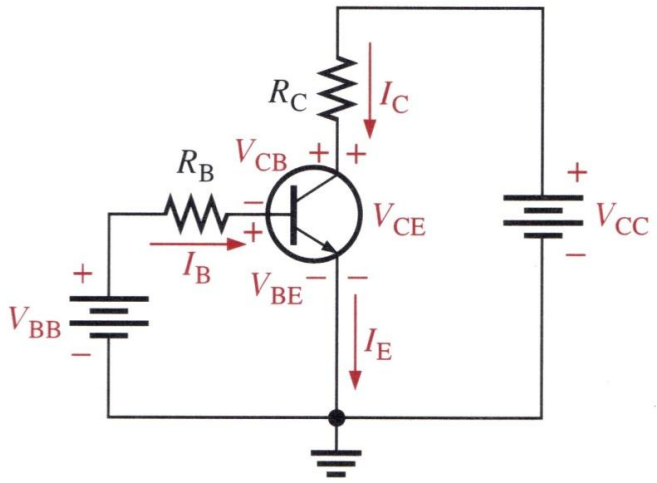


Şekil 5.4: PNP ve NPN tipi transistörlerde akım ve gerilim yönleri

5.4. Transistörlerin Yükselteç Olarak Kullanılması

Şekil 5.5'te akım ve gerilim gerilim yönleri verilmiştir. Burada;

I_B: Beyz akımı,
I_C: Kollektör akımı,
I_E: Emiter akımı,
V_{BE}: Beyz-emiter arasındaki gerilimi,
V_{CB}: Kollektör-beyz arasındaki gerilimi,
V_{CE}: Kollektör-emiter arasındaki gerilimi gösterir.



Şekil 5.5: Transistörlerde akım ve gerilim kazancı

5.4.1. Akım Kazancı

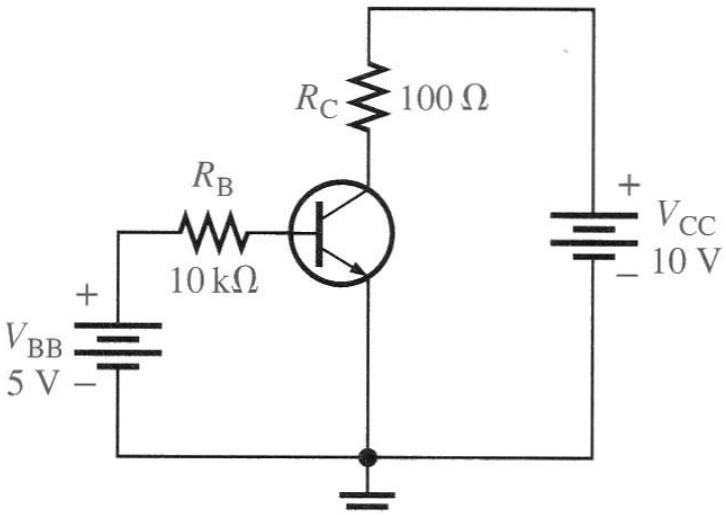
Kollektör akımının beyz akımına oranı β (Beta)'yı verir. β aynı zamanda transistörün akım kazancı olarak da isimlendirilir. Kataloglarda genellikle h_{FE} olarak sembolize edilir, birimi yoktur. Akım kazancı 20-200 arasında değişir. Kollektör akımın emiter akımına oranlanması da α (alfa)'yı verir.

$$\beta = h_{FE} = I_C/I_B$$

$$\alpha = I_C/I_E$$

Örnek 1: IB akımı 10mA, IC akımı 800mA ise β nedir?
Çözüm: β = hFE= IC/IB
β = hFE= 800 mA/20 mA
β = hFE=40

Örnek 2: Resim 5.7'deki devre için V_{CE} gerilimini hesaplayınız (β=150, V_{BE}=0,7V).



Şekil 5.6: Örnek 2'nin devresi

Çözüm:

$I_B = (V_{BB}-V_{BE})/R_B$ $I_B = (5-0,7)/10\ k\Omega = 0,43\ mA$

$I_C = \beta . I_B$ $I_C = 150 . 0,43\ mA = 64,5\ mA$

$V_{CE}= V_{CC}-(R_C . I_C)$ $V_{CE}= 10-(100\ \Omega . 64,5\ mA) = 3,55\ V$

5.4.2. Gerilim Kazancı

Transistörler yükselteç olarak kullanıldığında gerilim kazancı hesaplanır. Av ile gösterilir. Çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı ile bulunur. Şekil 5.7'de devre için gerilim kazancı formülleri aşağıda verilmiştir. Transistörün kollektör emiter arasındaki direnci **r'e** ile gösterilir.

$V_B = I_E . r'_e$

$V_C = I_C . R_C$ yaklaşık $I_E . R_C$

$A_V = V_C / V_B$

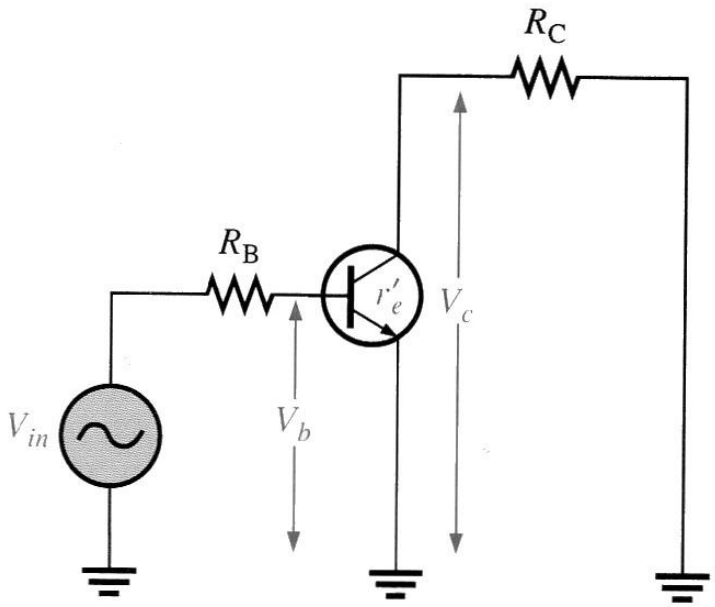
$A_V = (I_E . R_C) / (I_E . r'_e)$

$A_V = R_C / r'_e$

$V_{OUT}= V_{IN} . A_V$

Örnek: Resim 5.8'deki devre için,

- Gerilim kazancını hesaplayınız (RC = 1 kΩ, **r'e** = 50Ω).
- Giriş gerilimi 100mV ise çıkış gerilimi kaç volttur?



Şekil 5.7: Transistörde gerilim kazancı

Çözüm

$A_V = R_C / r'_e$

$A_V = 1\ k\Omega / 50\Omega$

$A_V = 20$

$V_{OUT} = V_{IN} . A_V$

$V_{OUT} = 100\ mV . 20$

$V_{OUT} = 2$ volt

5.5. Transistörlerin Çalışma Kararlılığını Etkileyen Faktörler

Bir transistöre kararlı bir çalışma yaptırabilmek için öncelikle karakteristik değerlerine uygun bir devre düzeni kurmak gerekir. Bunu için de daha önceden belirtilmiş olduğu gibi katalog değerlerine ve karakteristik eğrilerinde verilen bilgilere uyulmalıdır.

- **Transistörün kararlı çalışmasını etkileyen faktörler:**

- **Sıcaklık**

Aşırı ısınan transistörün çalışma dengesi bozulur, gücü düşer. Daha da çok ısınırsa yanar. Isınan transistörlerde elektron sayısı anormal artacaktır. Bu artış nedeniyle belirli giriş değerleri için alınması gereken çıkış değerleri değişir. Bu da kararlı çalışmayı önler. Daha çok ısınma hâlinde ise kristal yapı bozulur. Bu durum da transistörün yanmasına neden olur. Isınma transistörün kendi çalışmasından kaynaklandığı gibi sıcak bir ortamda bulunmasından dolayı da olabilir.

- **Frekans**

Her transistör her frekansta çalışmaz. Bu konuda yine katalog bilgilere bakmak gerekir. Örneğin NPN transistörler, PNP transistörlere göre yüksek frekanslarda çalışmaya daha uygundur. Nedeni de NPN transistörlerde elektrik yükü taşıyıcıları elektronlardır. PNP transistörlerde ise taşıyıcılar pozitif elektrik yükleridir. Elektronlar, pozitif elektrik yüklerine göre çok daha hızlı ve serbest hareket edebildiklerinden yüksek frekanslar için NPN transistörler daha uygundur.

- **Limitsel karakteristik değerleri**

Her transistörün ayrı çalışma değerleri vardır. Bu çalışma değerlerinden bazılarının kesinlikle aşılmaması gerekir. Bunlara, "limitsel karakteristik" denir. Limitsel karakteristik değerleri şöyle sıralanır:

- Maksimum kollektör gerilimi
- Maksimum kollektör akımı
- Maksimum dayanma gücü
- Maksimum kollektör
- Beyz jonksiyon sıcaklığı
- Maksimum çalışma (kesim) frekansı

Limitsel değerler gerek birbirlerine gerekse de giriş değerlerine bağlıdır. Yukarıda sıralanan maksimum değerlerin ne olmasının gerektiği transistör kataloglarından ve karakteristik eğrilerinden saptanır.

- **Polarma yönü**

Polarma gerilimini uygularken ters polarma bağlantısı yapmamaya özellikle dikkat edilmelidir. Böyle bir durumda transistör çalışmayacağı gibi normalden fazla uygulanacak olan ters polarma gerilimleri jonksiyon diyotlarının delinmesine yani kristal yapının bozulmasına neden olacaktır.

- **Aşırı toz ve kirlenme**

Transistörlerin toza karşı ve özelliklede metalik işlemlerin yapıldığı ortamlarda çok iyi korunması gerekir. Aşırı toz ve kirlenme elektrotlar arası yalıtkanlığı zayıflatacağından kaçak akımların artmasına neden olacaktır. Bu da transistörün kararlı çalışmasını engelleyecektir. Metal ve karbon (kömür) tozlarıyla karışık bir tozlanma varsa transistör elektrotlarının kısa devre olma ihtimali de mevcuttur. Tozlu ortamda çalıştırılması zorunlu olan transistörlerin ve bütün elektronik devrelerin toza karşı iyi korunmaları gerekir. Zaman zaman devrenin enerjisi kesilerek yumuşak bir fırça ile aspiratör tozları temizlenmelidir. Tozlardan arındırma işlemi, kesinlikle elektrik süpürgesiyle yapılmamalıdır. Zira yapışkan tozlar daha da çok yapışarak kirliliği artırır, buradan kalkan tozlar diğer cihaz ve devrelere konarak başka devrelerin de tozlanmasına neden olur.

- Nem

Transistörler ve bütün elektronik devreler, neme karşı çok iyi korunmalıdır. Gerek su buharı gerekse bazı yağ ve boya buharları, elektrotlar arasında kısa devre yapabileceği gibi tozların da yapışıp yoğunlaşmasına neden olur, cihazların kararlı çalışmasını engeller.

- **Sarsıntı**

Sarsıntılı ortamda kullanılan cihazlarda daima bağlantıların kopması ihtimali vardır. Aşırı sarsıntı, iç gerilmeleri artıracağından kristal yapının bozulması da mümkündür. Sarsıntılı ortamlarda çalıştırılacak cihazlara üreticiler tarafından özel sarsıntı testi uygulanır. Bu gibi çalıştırmalarda üreticisinden sarsıntı testleri hakkında bilgi almak gerekir.

- **Elektriksel ve magnetik alan etkisi**

Gerek elektriksel alan gerekse de magnetik alan serbest elektronların artmasına ve onların yönlerinin sapmasına neden olur. Bu da kararlı çalışmayı önler. Bu gibi ortamlarda kullanılacak cihazlar faraday kafesiyle ve antimagnetik koruyucularla korunmalıdır.

- **Işın etkisi**

Röntgen ışınları, lazer ve benzeri çok yüksek frekanslı ışınlar kararlı çalışmayı etkiler. Bu gibi yerlerde kullanılacak cihazlar özel koruma altına alınmalıdır.

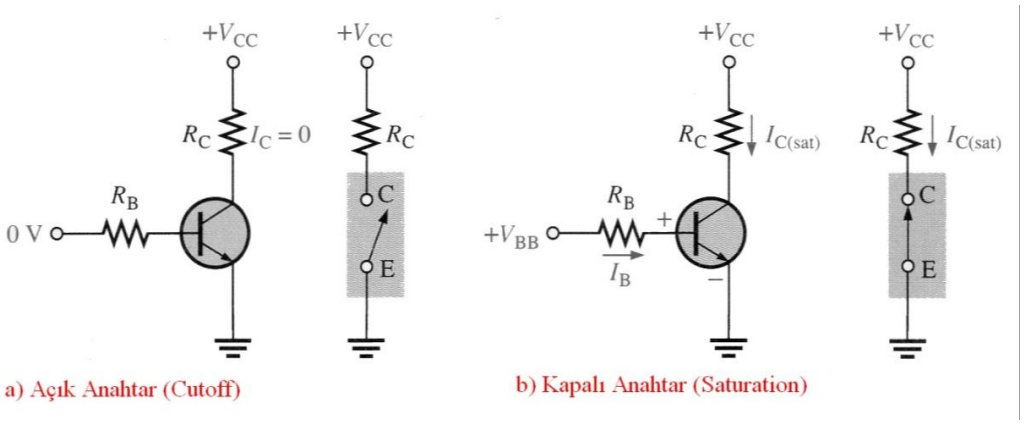
- **Kötü lehim (soğuk lehim)**

Transistörün ve bütün elektronik devre elemanlarının çok ustaca lehimlenmesi gerekir. Soğuk lehim, dışarıdan bakıldığında cihazı lehimliymiş gibi gösterir. Soğuk lehim, elektriksel iletimin iyi olmamasına neden olacağından bütün bir sistemin kararlı çalışmasını engelleyecektir. Bu tür arızaların bulunması da çok zordur. Ayrıca aşırı ısıtılarak lehim yapılması da devre elemanlarını bozar. Belirli bir lehim pratiği olmayanların transistör ve benzeri elektronik devre elemanlarının lehimini yapmaması gerekir.

5.6. Transistörün Anahtarlama Elemanı Olarak Çalıştırılması

Sayıcılar (counters), bilgisayarlar (computers), ateşleme devreleri (trigger circuit) gibi bir kısım devrenin çok hızlı çalışması (on) ve sükûnete geçmesi (off) gerekebilir. Bu gibi hâllerde çok hassas bir anahtarlama yapılması gerekir. Bu devrelerde, transistörden anahtar olarak yararlanılmaktadır. Transistör ile nano saniyelik yani 10^{-9} saniyelik (sn.) bir çalışma hızı sağlanmaktadır.

Transistörün açık olduğu durum (Cutoff), kapalı olduğu durum (Doyum-Saturation) olarak isimlendirilir. Transistörün doyum hâlinde çalışması, kısa bir an için taşıyabileceği maksimum akımda görev yapması demektir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8: Transistörün anahtarlama elemanı olarak çalıştırılması

5.7. Katalog Kullanarak Transistörlerin Bilgilerinin ve Karşılıkları-nın Bulunması

Bir transistör hakkında bilgi edinmek gerektiğinde üzerindeki ve katalogdaki bilgilerden yararlanılır. Daha geniş bilgi için de üretici firmadan yayınlanan tanıtım kitabına bakılması gerekir. Resim 5.2'de BC 237 transistörünün katalog bilgileri (DataSheet) verilmiştir. Bu transistörün yerine başka bir transistör kullanılması için yerine kullanılacak transistör bilgilerinin bu katalog bilgileri ile aynı olması gerekir. Değerlerin küçük olması problem oluşturacağı gibi büyük olması da problem oluşturabilir. Transistör hangi amaçla kullanılıyor ise özellikle o parametreler dikkate alınmalıdır.

Product specification

NPN general purpose transistors BC237; BC237B

FEATURES

- Low current (max. 100 mA)
- Low voltage (max. 45 V).

APPLICATIONS

- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

NPN transistor in a TO-92; SOT54 plastic package.
PNP complements: BC307; BC307B.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector

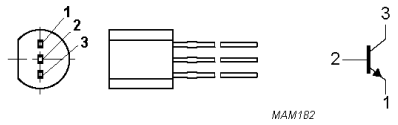


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage	open emitter	–	50	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage	open base	–	45	V
I_{CM}	peak collector current		–	200	mA
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25$ °C	–	500	mW
h_{FE}	DC current gain	$I_C = 2$ mA; $V_{CE} = 5$ V			
	BC237		120	460	
	BC237B		200	460	
f_T	transition frequency	$I_C = 10$ mA; $V_{CE} = 5$ V; f = 100 MHz	100	–	MHz

Resim 5.2: BC 237 Transistörünün katalog bilgileri

5.8. Transistörlerin Üzerindeki Harflerin ve Rakamların Okunması

Transistörlerin kodlanmasında birtakım harf ve rakamlar kullanılmaktadır.

AC187, BF245, 2N3055, 2SC2345, MPSA13 vb. gibi birçok transistör sayabiliriz. Kodlamada kullanılan bu harf ve rakamlar, rastgele değil uluslararası standartlara göredir ve anlamlıdır. Günümüzde kabul edilen ve kullanılan başlıca 4 tip standart kodlama vardır. Birçok üretici firma bu kodlamalara uyarak transistör üretimi yapar ve tüketime sunar. Yaygın olarak kullanılan standart kodlamalar aşağıda verilmiştir:

- **Avrupa Pro-electron Standardı (Pro-electron)**
- **Amerikan Jedec Standardı (EIA-jedec)**
- **Japon (JIS)**
- **Firma Standartları**

- **Avrupa Standardı (Pro-Electron Standardı)**

Avrupa ülkelerinde bulunan transistör üreticilerinin genellikle kullandıkları bir kodlama türüdür. Bu kodlama türünde üreticiler transistörleri; AC187, AD147, BC237, BU240, BDX245 ve benzeri şekilde kodlar. Kodlamada genel kural, önce iki veya üç harf sonra rakamlar gelir. Kullanılan her bir harf anlamlıdır ve anlamları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

İlk harf: Avrupa (Pro Electron) standardına göre kodlamada kullanılan ilk harf, transistörün yapım malzemesini belirtmektedir. Germanyumdan yapılan transistörlerde kodlama A harfi ile başlar. Örneğin AC121, AD161, AF254 vb. kodlanan transistörler germanyumdan yapılmıştır. Silisyumdan yapılan transistörlerde ise kodlama B harfi ile başlar. BC121, BD161, BF254 vb. kodlanan transistörler silisyumdan yapılmıştır.

İkinci harf: Transistörlerin kodlanmasında kullanılan ikinci harf Avrupa Standardına göre transistörün kullanım alanlarını belirtir. Örnek kodlamalar aşağıda verilmiştir.

AC: Avrupa (Pro Electron) Standardına göre düşük güçlü alçak frekans transistörüdür. Germanyumdan yapılmıştır: AC121, AC187, AC188, AC547 vb.

BC: Avrupa (Pro Electron) Standardına göre, düşük güçlü alçak frekans transistörüdür ve silisyumdan yapılmıştır: BC107, BC547 vb.

Üçüncü harf: Avrupa (Pro Electron) standardında bazı transistörlerin kodlanmasında üçüncü bir harf kullanılır. Üçüncü harf, ilk iki harfte belirtilen özellikler aynı kalmak koşuluyla o transistörün endüstriyel amaçla özel yapıldığını belirtir: BCW245, BCX56, BFX47, BFR43, BDY108, BCZ109, BUT11A, BUZ22 vb.

- **Amerikan (Jedec) Standardı**

Amerikan yapımı transistörler 2N ifadesi ile başlayan kodlar ile isimlendirilmiştir. Bu kodlarda;

Birinci rakam: Elemanın cinsini gösterir.
Birinci harf: Transistörün yapım malzemesini belirtir.
Son rakamlar: Tipini ve kullanma yerini gösterir.
Örneğin 2N3055'teki 2 rakamı transistör olduğunu, N harfi transistörün silisyumdan yapıldığını ve 3055 imalat seri numaralarını belirtir.

- **Japon Standardı**

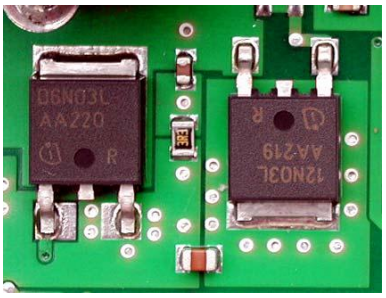
Japon yapımı transistörler 2S ifadesi ile başlayan kodlar ile isimlendirilmiştir. Bu kodlarda;

Birinci rakam: Elemanın cinsini gösterir.
Birinci harf: Transistörün yapım malzemesini belirtir.
İkinci harf: Tipini ve kullanma yerini gösterir.

Örneğin 2SC1384'te 2 rakamı elamanın transistör olduğunu, S harfi transistörün silisyumdan yapıldığını, C harfi NPN tipi yüksek frekans transistörü olduğunu ve 1384 imalat seri numaralarını belirtir.

5.9. SMD (Yüzey Montajlı) Transistörler

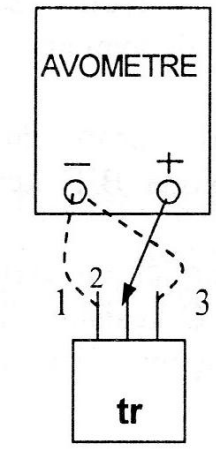
Yüzey montajlı transistörler genellikle çok yer kaplamadığı için tercih edilir. Tüm güçleri mevcuttur. Soğutucu, yüksek güçlü olanların üzerine yapıştırılır ya da bakır plaket soğutucu olarak kullanılır (Resim 5.3).



Resim 5.3: SMD Transistörler

5.10. Analog ve Dijital Ölçü Aletleriyle Transistörün Sağlamlık Kontrolunun Yapılması

Transistörün sağlamlık kontrolünün yapılabilmesi için aşağıdaki işlem basamakları adım adım takip edilmelidir.



Şekil 5.9: Transistörün sağlamlık kontrolü

➢ İşlem basamakları:

- Ölçümünü yapacağınız transistörün ayaklarını rastgele numaralandırınız.
- Dijital avometreyi diyot konumuna (veya analog avometreyi X 1 konumuna) alınız.
- Aşağıda anlatıldığı gibi verilen tabloları doldurunuz.

Önce eksi probu 1 numaralı ayağa tutunuz. Artı probu 2 numaralı ayağa değdirerek ekranda okuduğunuz değeri tabloya kaydediniz. Eksi probu ayırmadan artı probu 2. ayaktan alıp 3. ayağa değdirerek okuduğunuz değeri tabloya kaydediniz. Eksi probu 2. ayağa tutunuz. Artı probu 1. ve 3. ayaklara değdiriniz. Eksi probu 3. ayağa, artı probu önce 1. sonra 2. ayağa değdiriniz. Her defasında okuduğunuz değeri tablodaki ilgili yere kaydediniz. Propların yerini değiştirerek işlemleri tekrarlayınız (Şekil 5.9).

Okunan iki değer tabloda dikey ya da yatay olarak kesiştiğinde hangi satır ya da sütuna geliyorsa orası beyz, yüksek değer emiter, düşük değer kolektördür. Eğer bir ya da hiç değer okunamıyor, okunan değerler çapraz çıkmışsa ve ayaklar arasında kısa devre varsa transistör bozuktur.

- Tabloda elde ettiğiniz değerlere göre transistörün ayak isimlerini ve tipini Şekil 5.10'daki tablonun altında belirtilen yerlere yazınız.
- Diğer transistörler için de yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız.

	+ prob		
- prob	1	2	3
1			
2			
3			

1-
2-
3-

Şekil 5.10: Transistörün sağlamlık kontrolü tablosu

Örnekler

- prob \ + prob	1	2	3
1		—	—
2	0,7		—
3	0,72	—	

1-B
2-C **NPN**
3-E

- prob \ + prob	1	2	3
1		0,8	—
2	—		—
3	—	0,77	

1-E
2-B **NPN**
3-C

- prob \ + prob	1	2	3
1		—	0,5
2	—		0,55
3	—	—	

1-C
2-E **NPN**
3-B

- prob \ + prob	1	2	3
1		0,5	0,6
2	—		—
3	—	—	

1-B
2-C **PNP**
3-E

- prob \ + prob	1	2	3
1		—	—
2	0,7		0,68
3	—	—	

1-E
2-B **PNP**
3-C

- prob \ + prob	1	2	3
1		—	—
2	—		—
3	0,58	0,6	

1-C
2-E **PNP**
3-B

- prob \ + prob	E	B	C
E		0,2	0,01
B	—		—
C	0,01	0,2	

C-E arası kısadevre (Transistör bozuk)

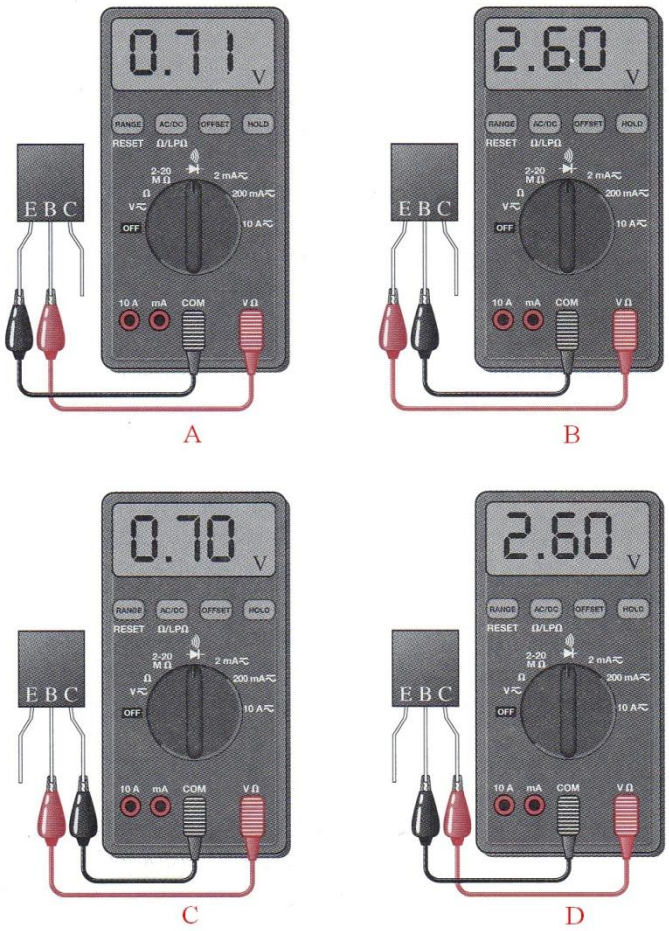
- prob \ + prob	1	2	3
1		0,65	—
2	0,7		—
3	—	—	

Transistör değil

Şekil 5.11: Örnek ölçüm tabloları

5.11. Analog ve Dijital Ölçü Aletleriyle Transistörün Uçlarının Bulunması

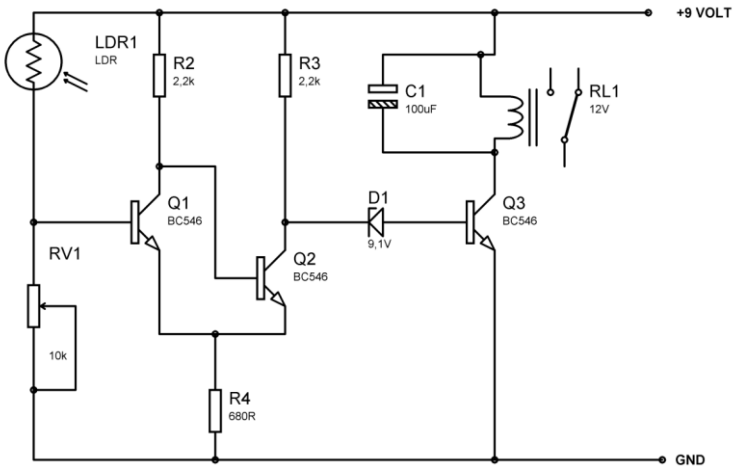
Analog ölçü aleti X1 kademesine veya dijital ölçü aleti diyot kademesine alınır. Proplardan biri herhangi bir ayakta sabit tutulurken diğer prop ayrı ayrı boştaki diğer ayağa değdirilir. Sağlam bir transistörde prop bir uçta sabit iken diğer prop her iki ayağa ayrı ayrı değdirildiğinde değer göstermelidir. Değer okunmuyorsa sabit ucu tespit etmek amacıyla ölçüm ayakları değiştirilerek işlemler tekrarlanır. Değer gösterdiği andaki sabit uç beyz, yüksek değer okunan uç emiter (Şekil 5.12A), ve az değerlikli ayak ise kolektördür (Şekil 5.12C). Şekil 5.12C-D'de ise ölçü aleti açık devre göstermektedir. İbre hiç sapmamalı ya da sonsuz değer göstermelidir.



Şekil 5.12: Transistörlerün uçlarının bulunması

5.12. LDR ve Transistör ile Bir Rölenin Kumanda Edilmesi

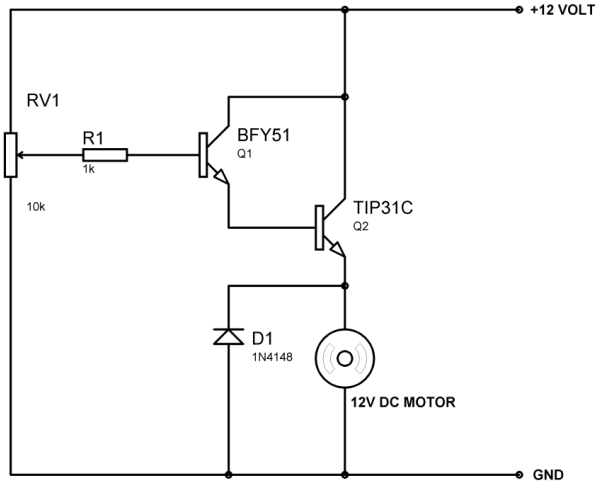
Şekil 5.13'te verilen devrede LDR'nin bağlanış şekline göre ışık geldiğinde çalışmaktadır. 10 k'luk trimpot ile gelen ışığın şiddeti ayarlanabilir. LDR'nin üzerine ışık düşmediği zaman direnci yüksektir. T1 transistörünün beyz polarması 10 kΩ'luk trimpot üzerinden negatif potansiyelde tutulur. Dolayısı ile bu transistör kesimdedir. T2 transistörü 2,2 kΩ'luk direnç üzerinden pozitif beyz polarması alır ve iletimdedir. T3 transistörü ise T2 iletimde olduğu için beyz polarması alamaz, yalıtkandır. LDR, üzerine ışık geldiği anda direnci düşer ve T1 transistörü pozitif polarma sağlar. T1 iletime geçer. T2'yi kesime götürür. Bu anda T3 de iletime geçerek röle kontaklarını çeker ve bağlı bulunan cihazı çalıştırır.



Şekil 5.13: LDR ve transistör ile bir rölenin kumanda edilmesi

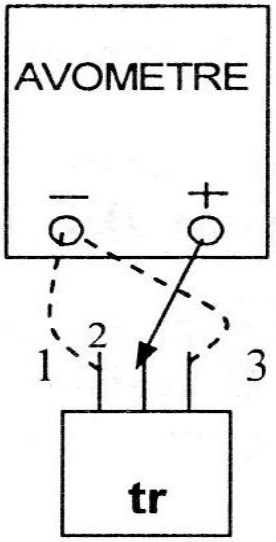
5.13. Darlington Bağlantı ile Bir DC Motorun Çalıştırılması Uygulaması

Transistörlerin Şekil 5.14'teki gibi kolektörleri ortak art arda bağlanmasına "darlington bağlantı" denir. Toplam akım kazancı iki transistörün betasının çarpımına eşittir. Bu yüzden yüksek akım kazancı istenen devrelerde tercih edilir. Şekil 5.14'teki devrede potansiyometre Q1 transistörün beyz akımını ayarlar, Q1 transistörü de Q2 transistörünü sürer, motor akım kazancı oranınca dönmeye başlar. Böylelikle motorun hız kontrolü yapılmış olur. Diyot ile zıt EMK'nin transistörü bozması engellenir. Q2 transistör mutlaka soğutucuya bağlanarak soğutulmalıdır. TIP31C ile 3 ampere kadar motorlar sürülebilir.



Şekil 5.14: Darlington bağlantı ile bir DC motorun çalıştırılması uygulaması

UYGULAMA FAALİYETİ

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Ölçümünü yapacağınız transistörün ayaklarını rastgele numaralandırınız.	➢ Ölçeceğiniz elemanın transistör olduğunu mutlaka önceden öğrenmelisiniz. Malzemelerin kılıflarına bakarak transistör olduğuna hemen karar vermeyiniz.
➢ Dijital avometreyi diyot konumuna (veya analog avometreyi X l konumuna) alınız.	➢ Ölçü aletiniz analog ise mutlaka sıfır ayarı yaptıktan sonra ölçmeye başlayınız.
➢ Aşağıda anlatıldığı gibi Resim 5.11'de verilen tabloyu doldurunuz.Önce eksi probu 1 numaralı ayağa tutunuz. Artı probu 2 numaralı ayağa değdirerek ekranda okuduğunuz değeri tabloya kaydediniz. Eksi probu ayırmadan artı probu 2. ayaktan alıp 3. ayağa değdirerek okuduğunuz değeri tabloya kaydediniz. Eksi probu 2. ayağa tutunuz. Artı probu 1. ve 3. ayaklara değdiriniz. Eksi probu 3. ayağa, artı probu önce 1. sonra 2. ayağa değdiriniz. Her defasında okuduğunuz değeri tablodaki ilgili yere kaydediniz. Propları yer değiştirerek işlemleri tekrarlayınız. ➢ Okunan iki değer tabloda dikey ya da yatay olarak kesiştiğinde hangi satır ya da sütuna geliyorsa orası beyz, yüksek değer emiter, düşük değer kolektördür. Eğer bir ya da hiç değer okunamıyorsa, okunan değerler çapraz çıkmışsa, ayaklar arasında kısa devre varsa transistör bozuktur.	➢ Doğru ölçüm yapıp yapmadığınızı katalog bilgilerinden faydalanarak kontrol ediniz. 
➢ Tabloda elde ettiğiniz değerlere göre transistörün ayak isimlerini ve tipini Resim 5.12'deki tablonun altında belirtilen yerlere yazınız.	➢ Ölçüm pratiğinizi artırarak bir süre sonra tablo çizmeden de ölçüm yapabiliyor olmalısınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Transistörün çeşidini belirleyebiliyor musunuz?		
2. Transistörün çalışma gerilimini belirleyebiliyor musunuz?		
3. Transistörün tipini belirleyebiliyor musunuz?		
4. Katalog bilgilerini okuyabiliyor musunuz?		
5. Devreye uygun transistörü seçebiliyor musunuz?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Silisyum transistörlerin iletime geçmesi için kaç volt gereklidir?
A) 0,3 V
B) 0,5 V
C) 0,7 V
D) 0,9 V

2. Aşağıdakilerden hangisi transistörün ayak isimlerinden <u>değildir</u>?
A) Beyz
B) Geyt
C) Emiter
D) Kolektör

3. Transistörün çalışması için gerekli besleme yönü hangi şıkta doğru verilmiştir?
A) B-C arası ve B-E arası doğru yönde kutuplanır.
B) B-C arası ters, B-E arası doğru yönde kutuplanır.
C) B-C arası doğru, B-E arası ters kutuplanır.
D) B-C arası ve B-E arası ters kutuplanır.

4. Bir transistörlü devrede Ic=100mA ve Ib=10mA ise Ie akımı ne kadardır?
A) 10 mA
B) 20 mA
C) 110 mA
D) 1000 mA

5. Bir transistörün betası 100 ve beyz akımı 1 mA ise emiter akımı Ie ne kadardır?
A) 1 mA
B) 2 mA
C) 100 mA
D) 101 mA

6. Bir transistörün Av=5 ve Vin=2 Volt ise Vout=?
A) 1 V
B) 2 V
C) 5 V
D) 10 V

7. r'_e hangi anlama gelir?
A) Akım kazancı
B) Gerilim kazancı
C) Kollektör-emiter arası direnci
D) Beyz-emiter arası direnci

8. Aşağıdaki faktörlerden hangisi transistörün kararlı çalışmasını engellemez?
A) Sıcaklık
B) Frekans
C) Nem
D) Fiyat

9. Aşağıdaki transistör kodlarından hangisi japon kodudur?
A) 2S
B) BD
C) AC
D) 2N

10. Transistörün kolektör – emiter arasında ölçü aletinde hangi değer okunmalıdır?
A) Kısa devre
B) Açık devre
C) 0,7 Volt
D) 0,2 Volt

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Paralel bağlı 20kΩ ve 5kΩ dirençlerin eş değeri nedir?
A) 1 kΩ
B) 2 kΩ
C) 3 kΩ
D) 4 kΩ

2. Aşağıdakilerden hangisi LDR için doğrudur?
A) Isındıkça direnci düşer.
B) Isındıkça direnci artar.
C) Işıkla direnci düşer.
D) Işıkla direnci artar

3. Kırmızı-mavi-kırmızı direncinin değeri nedir?
A) 264 Ω
B) 2,6 k Ω
C) 26 Ω
D) 26000 Ω

4. Kondansatör için aşağıda verilen ifadelerin hangisi yanlıştır?
A) Elektrik enerjisini depo eder.
B) İki yalıtkan arasında bir iletken bulunur.
C) Birimi faraddır.
D) Paralel bağlı kondansatörlerde toplam sığa, kapasitelerin aritmetik toplamına eşittir.

5. Aşağıdakilerden hangisi kutuplu kondansatördür?
A) Mika
B) Elektrolitik
C) Seramik
D) Kâğıtlı

6. Bobinin mandreni içerisinde bulunan parçaya ne denir?
A) Kömür
B) Bakır
C) Nüve
D) Karkas

7. Aşağıdaki maddelerin hangisi yarı iletken yapımında kullanılmaz?
A) Germanyum
B) Demir
C) Silisyum
D) Selenyum

8. Hangi diyot çeşidi doğrultmada kullanılır?
A) Kristal diyot
B) Zener diyot
C) LED
D) Foto diyot

9. Bir transistörün betası 150 ve beyz akımı 1 mA ise emiter akımı Ie ne kadardır?
A) 15 mA
B) 30 mA
C) 150 mA
D) 151 mA

10. Bir transistörün Av=10 ve Vin=1 Volt ise Vout=?
A) 1 V
B) 2 V
C) 5 V
D) 10 V

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	C
3	D
4	D
5	C
6	A
7	D
8	D
9	B
10	C
11	D
12	A
13	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	B
3	D
4	C
5	B
6	B
7	C
8	B

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**A**
3	**B**
4	**B**
5	**A**
6	**C**
7	**D**
8	**D**
9	**A**
10	**D**

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**B**
3	**C**
4	**C**
5	**C**
6	**D**
7	**C**
8	**D**
9	**A**
10	**B**

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**C**
3	**B**
4	**B**
5	**B**
6	**C**
7	**B**
8	**A**
9	**C**
10	**D**

KAYNAKÇA

- BOYLESTAD Robert, **Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi,** MEB Yayınları, Ankara, 1994.
- FLOYD Thomas, **Elektronic Devices**, Macmillan Yayınları, New Jersey, 1996.
- BEREKET Metin, **Atölye ve Laboratuvar 1**, Mavi Kitaplar, İzmir, 2004.
- http://www.picproje.org/index.php?topic=10206.0 Nisan 2012